

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского

На правах рукописи

**ВАНЬШИН ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ**

**НЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ  
ПРИ ОБОСНОВАНИИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ПОЛИГОНОВ ПОДЗЕМНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ПРОМОТХОДОВ  
( на примере территории юго-востока Восточно-Европейской  
платформы)**

Специальность 25.00.01. - Общая и региональная геология

Диссертация

на соискание ученой степени  
доктора геолого-минералогических наук

С а р а т о в, 2006 г.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	8
Часть 1. Общие вопросы и история развития проблемы, и методика работ.....	19
Глава 1. История изучения проблемы захоронения промстоков и промтоходов в геологические формации.....	19
1.1. Опыт регионального районирования территорий по условиям захоронения промстоков.....	21
1.2. Прогноз движения промстоков в трещиноватых коллекторах.....	37
1.3. Состояние изученности территории Саратовской области по вопросу захоронения промстоков в глубокие водоносные горизонты.....	41
Глава 2. Методика работ.....	46
2.1. Сбор и анализ фактического материала.....	47
2.2. Полевые работы.....	48
2.2.1. Изучение трещиноватости.....	48
2.2.2. Изучение мегатрещиноватости.....	49
2.3. Региональная оценка и районирование территории с точки зрения условий захоронения промстоков.....	50
Часть 11. Районирование территорий по условиям захоронения промтоходов.....	51
Глава 3. Районирование территории Среднего и Нижнего Поволжья по условиям захоронения промстоков (м-б 1:1 000 000).....	51
3.1. Принципы районирования.....	51
3.1.1. Основные понятия, термины, используемые в работе.....	54
3.2. Геологическое строение и гидрогеологические условия.....	56
3.2.1. Тектоника и геология.....	56
3.2.2. Гидрогеологический разрез.....	62
3.2.3. Гидрогеологическая зональность.....	73
3.3. Характеристика карбонатных резервуаров .....	75
3.3.1. 1-й резервуар - карбонатная толща каширского, подольского, мячковского горизонтов $C_3$ и $P_1$ возрастов.....	75
3.3.1.1. Характеристика карста Жирновского района.....	81

3.3.2. 2-й резервуар. Карбонатная толща башкирских и серпуховских отложений.....	89
3.3.3. 3-й резервуар. Карбонатная толща D <sub>3</sub> и турнейского яруса C <sub>1</sub> .....	91
3.3.4. Фильтрационно-ёмкостные свойства карбонатных резервуаров.....	94
3.4. Результаты изучения новейшей тектоники, трещиноватости и мегатрещиноватости.....	105
3.4.1. Неотектоническое районирование.....	105
3.4.2. Зона повышенных амплитуд новейших тектонических движений... 111	
3.4.3. Изучение трещиноватости по ключевым участкам.....	113
3.4.4. Мегатрещиноватость Среднего и Нижнего Поволжья.....	115
3.4.4.1 Карта суммарной плотности мегатрещиноватости Среднего и Нижнего Поволжья.....	116
3.4.4.2. Карты плотности мегатрещиноватости по направлениям.....	118
3.4.4.3. Корреляция данных по трещиноватости, мегатрещиноватости и новейшей тектонике.....	122
3.4.4.3.1. Среднее и Нижнее Поволжье.....	123
3.4.5. Анализ связи новейшей тектоники с геолого-гидрогеологическими показателям.....	126
3.4.5.1. Новейшая тектоника и нефтегазоносность.....	127
3.4.5.2. Новейшая тектоника и гидрогеологическая характеристика структур.....	132
3.5. Карта районирования.....	135
3.5.1. Неблагоприятные участки.....	136
3.5.2. Условно неблагоприятные участки.....	139
3.5.3. Условно-благоприятные участки.....	141
3.5.4. Благоприятные участки.....	141
3.5.5. Участки отсутствия коллекторов.....	142
3.5.6. Участки с невыясненными условиями.....	142

3.5.7. Анализ карты районирования и выводы.....	142
Глава 4. Районирование территории Саратовского промузла и прилегающих районов, масштаба 1:100 000, по условиям захоронения промстоков.....	146
4.1. Геологическое строение и гидрогеологические условия территории...	146
4.1.1. Тектоника и неотектоника.....	146
4.1.1.1. Характеристика новейших и древних структурных форм.....	147
4.1.1.2. Разрывные нарушения.....	155
4.1.2. Гидрогеологические условия территории .....	159
4.2. Принципы районирования.....	165
4.3. Характеристика участков.....	167
4.4. Выводы.....	174
Часть 111. Оценка безопасности ряда ППЗП .....	176
Глава 5. Захоронение промстоков на территориях развития солянокупольной тектоники в терригенные коллектора мезозоя на примере ППЗП «Волжский Оргсинтез», г. Волжский, Волгоградской области.....	178
5.1. Состояния изученности ППЗП ОАО «Волжский Оргсинтез».....	178
5.2. Геологическое строение района.....	182
5.2.1. Стратиграфия.....	182
5.2.2. Тектоника.....	185
5.2.3. Современные тектонические движения соляных структур.....	187
5.3. Гидрогеологический очерк.....	188
5.4. Методика работ.....	191
5.5. Морфометрический и структурно-неотектонический анализ территории ППЗП.....	194
5.5.1. Разрывная тектоника.....	199
5.5.2. Пликативная тектоника.....	206
5.6. Анализ расчётных гидродинамических параметров рабочих пластов - коллекторов ППЗП ОАО «Волжский Оргсинтез».....	210
5.6.1. Анализ материалов.....	211
5.7. Выводы .....	214

Глава 6. Оценка степени безопасности ППЗП Песчано-Умётского (ПУ)	
ПХГ .....	216
6.1. Общие сведения о ПУ ПХГ .....	216
6.2. Геологическое строение.....	217
6.2.1. Стратиграфия.....	217
6.2.2. Тектоника.....	220
6.2.3. Неотектоническое строение Песчано-Умётской антиклинали.....	220
6.3. Гидрогеологические условия .....	225
6.4. Морфоструктурные исследования.....	229
6.5. Полигон подземного захоронения промстоков.....	240
6.5.1. Рекомендации по закачке промстоков.....	240
6.6. Исследование возможных путей миграции промстоков в карбонатных коллекторах по зонам поглощения.....	241
6.6.1. Методика работ.....	242
6.6.2. Возможные пути миграции промстоков.....	242
6.7. Выводы.....	250
Глава 7. Структурно-неотектонические и морфометрические исследования ППЗП Елшано-Курдюмского ПХГ .....	252
7.1. История изучения структуры и рельефа Елшано–Курдюмской антиклинали.....	252
7.1.1. Тектоника и новейшая тектоника.....	253
7.2. Методика исследований. ....	255
7.2.1. Морфометрические исследования.....	255
7.2.2. Возможные пути миграции сточных вод на основе анализа распределения зон поглощений в разрезе и по площади .....	256
7.2.2.1. Распространение зон поглощений по геологическому разрезу.....	257
7.2.2.2. Распределение зон поглощений по площади.....	256
Глава 8. Структурно-неотектонические и морфометрические исследования ППЗП Степновского месторождения углеводородов.....	261
8.1. Введение.....	261

8.2. Тектоника.....	261
8.3 Структурно- неотектоническое строение района Степновского ПХГ.....	263
8.4. Анализ топо-гидролинеаментов.....	264
8.5. Распределение поглощений по геологическому разрезу и площади.....	266
8.6. Заключение.....	269
Глава 9. Оценка экологической безопасности ППЗП ряда месторождений УВ Саратовской области.....	275
9.1. ППЗП Соколовогорского месторождения углеводородов.....	275
9.1.1. Неотектоника.....	276
9.1.2. Неотектоническая трещиноватость Соколовогорской структуры.....	280
9.1.3. Оценка совместимости СВ с пластовыми водами и породами.....	284
9.1.4. Выбор поглощающих горизонтов для захоронения сточных вод.....	294
9.1.5. Промыслово-геофизическая характеристика карбонатного резервуара.....	295
9.1.6. Компьютерная обработка и интерпретация данных ГИС.....	296
9.1.7. Геологическая модель карбонатного резервуара.....	298
9.1.7.1. Гидродинамическая модель карбонатного резервуара.....	301
9.1.7.2. Расчёт контура растекания СВ.....	305
9.2. ППЗП Лимано-Грачевского, Гуселского месторождений углеводородов и на базе ЦПТНГ «Смородинка».....	308
Часть IV. Галогенные породы перспективный объект для строительства ППЗ твёрдых отходов.....	310
Глава 10. Захоронения продуктов УХО в галогенных формациях.....	310
10.1. Общие положения.....	311
10.2. Обзор теоретических исследований солянокупольного тектогенеза.....	315
10.3. Солянокупольная тектоника Прикаспия.....	318
10.4. Современные тектонические движения соляных структур Прикаспия.....	320
10.5. Некоторые современные инженерно-геологические процессы, связанные с солянокупольным тектогенезом.....	321
10.6. Опыт создания подземных ёмкостей.....	322
10.6.1. Общие сведения о могильниках глубокого заложения.....	323

10.6.2. Требования к рабочей толще.....	324
10.7. Геолого-гидрогеологические условия, как фактор оценки благоприятности размещения ППЗ в солях.....	326
10.7.1. Механические свойства каменной соли.....	326
10.7.2. Фильтрационно-ёмкостные параметры солей в условиях, приближенных к пластовым.....	327
10.7.3. Роль включений в минералах солей.....	330
10.7.4. Литологическая неоднородность соленосной толщи.....	331
10.7.5. Тектоническое строение соленосной толщи.....	332
10.7.6. Гидрогеологические условия.....	332
10.8. Особенности использования недр в Саратовском Заволжье для захоронения токсичных отходов-продуктов УХО.....	333
10.9. Выводы.....	337
Часть V. Минеральные ассоциации зоны гипергенеза.....	338
Глава 11. Минералогические индикаторы современных и неотектонических процессов.....	338
11.1. Минералого-геохимическая характеристика высоко глинозёмных образований Нижнего Поволжья.....	338
11.1.1. Возраст, генезис, перспективы обнаружения месторождений.....	338
11.1.2. Геохимические барьеры – важнейший фактор, определяющий минеральные парагенезисы при сернокислотном выветривании.....	340
11.2. Новейшая тектоника и сульфидная минерализация. Гидротермальная минерализация и гипергенные декоративные кальциты – индикаторы разрывных нарушений.....	358
11.2.1. Образование сульфидных минералов в зоне влияния залежей УВ.....	358
11.2.2. Кальциты Поволжья - поисковый признак месторождений УВ и проницаемых разрывных нарушений.....	364
11.3. Выводы.....	365
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	366
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	371

## ВВЕДЕНИЕ

С 1986 г. автором были начаты исследования по региональной оценке территории Нижнего и Среднего Поволжья с позиций возможности подземного захоронения промстоков в карбонатных коллекторах и солях палеозойского возраста. Для этих целей, к существующим критериям оценки, практически впервые, применён неотектонический анализ территории. Обследованы все известные выходы на поверхность карбонатных пород от Жигулей (Самарская область) до п. Арчеды (Волгоградская область). Данные по трещиноватости, карстовым формам, их морфологии, характера заполнения, минералогии и т.д. позволили расширить представление о потенциальных коллекторах, используемых для инъекции в них промстоков. Эти материалы, включающие данные по интервалам поглощения буровых растворов, возникающих при бурении скважин, геофизическими и гидрогеологическими параметрами, позволили с большей полнотой оценить изучаемые объекты.

Выполненные в 1979-85 г.г. автором на этой территории исследования высоко глиноземной минерализации, позволили доказать отрицательные перспективы региона на алюминиевое сырьё. А, установив, время её формирования - средний плейстоцен, предложить рассматривать эту минеральную ассоциацию как индикатор неотектонических процессов.

В настоящее время не вызывает сомнений, что высоко глиноземная минерализация, является по возрасту кайнозойской и образовалась в результате проявления неотектонических процессов.

Материалы В.А.Тищенко<sup>1</sup> по сульфидам гидротермального генезиса (киноварь, пирит, самородные цинк и др.) полученный по шлихам, отобранным из овражно-балочного аллювия и из протолок керн скважин, подтверждают нарушенность в результате неотектонических движений и возможную проницаемость водоупорных пород [61; 72].

В работе предпринята попытка решить проблему достоверного прогноза

---

<sup>1</sup> Тищенко В.А. О первых находках в шлихах киновари и других сульфидных минералов на территории Саратовского Поволжья / В.А. Тищенко, Л.П. Молчанова // Докл. АН СССР. 1970. т.192, №4. С. 885-887.



направления движения промстоков в карбонатных коллекторах с трещинно-карстовым типом порового пространства, связав её с образованием неотектонической трещиноватости. Был применён структурно-морфометрический метод разработанный В.П.Философовым [285], для диагностики развития трещиноватости и мегатрещиноватости, с применением дешифрирования аэрофотоснимков, позволивший установить блоковую структуру территорий, в пределах которых созданы ППЗП.

Таким образом, применение широкого комплекса исследований, включая геологические, структурно-неотектонические, минералогические, позволило провести районирование юго-восточной части Восточно-Европейской платформы, с учётом проявления интенсивности неотектонических движений. Это дало возможность повысить степень надёжности обоснования безопасности ППЗП.

**Актуальность проблемы.** Преобразование человеком геологической среды и формирование техногеосферы в конце XX века достигло таких масштабов, что стало соизмеримо с природными процессами. Техногенное воздействие приводит к резкому ухудшению качества среды обитания и доводит её до состояния непригодного для проживания.

Главной задачей специалистов в этих условиях является разработка мероприятий для сохранения экологических функций литосферы [281] на уровне, обеспечивающем нормальную жизнедеятельность человеческого общества<sup>2</sup>. Поэтому исследования в рамках новых научных направлений: **экологическая геология и геоэкология**, на основе ряда геологических критериев (тектоники, неотектоники, минералогии) становятся основой для предотвращения негативных последствий производственной деятельности и в определении путей рационального использования природной среды.

Развитие промышленного производства привело к образованию огромных объёмов токсичных промстоков (промотходов) и их ликвидация

---

<sup>2</sup> Трофимов В.Т. Геоэкология, экологическая геология и инженерная геология – соотношение содержания, объектов, предметов и задач / В.Т.Трофимов, Д.Г.Зилинг // Геоэкология. 1996. №6. С. 43-53.

превратилась в серьёзнейшую экологическую проблему. Зарубежная и отечественная практика показывает, что в настоящее время альтернатив захоронению токсичных промстоков (промотходов) в глубокие поглощающие горизонты земных недр пока не существует. Более того, учитывая тот факт, что определённую долю в объёме промстоков составляют ценные химические элементы и соединения, накопление их в недрах Земли можно рассматривать, как формирование техногенных месторождений полезных ископаемых, которые в обозримом будущем при разработке новых технологий, могут быть вновь возвращены человеку. Таким образом, представляется возможным комплексное решение двух задач: 1.- улучшение экологического состояния природной среды; 2.- превращение утраченных ценностей, в виде отходов, в возобновимые ресурсы в будущем.

При этом одной из главных проблем становится обеспечение надёжной изоляции промстоков и промотходов за счёт свойств геологической среды<sup>3</sup>.

В связи с этим внедрение широкомасштабного захоронения жидких отходов в глубокие горизонты земных недр требует более тщательной технологической подготовки поглощающих скважин и особенно геолого-гидрогеологического обоснования условий закачки. Экологическая безопасность последних достигается на базе детального изучения всех аспектов, отражающих современное состояние в геолого-структурном плане газо-флюидальной системы и разработки методов прогнозирования влияния закачки промстоков на состояние литосферы.

При рассмотрении возможности захоронения высокотоксичных твёрдых отходов - продуктов УХО в галогенных формациях использованы научные разработки: критерии их пригодности для этих целей, академика В.И.Осипова и его школы<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Лаверов Н. П. Геологические аспекты проблемы захоронения радиоактивных отходов / Н.П.Лаверов, Б.И.Омельченко, В.И.Величкин // Геоэкология. 1994. № 6. С. 3-20.

<sup>4</sup>Осипов В.И., и др. Особенности инженерно-геологических исследований соляных формаций для строительства могильников вредных промышленных отходов /В.И.Осипов, Б.И.Лапочкин и др.// Геоэкология. 1994. № 2. С. 37-47

**Цель и основные задачи.** Цель работы заключается в научном обосновании и практической реализации геологических методов оценки изолирующих свойств геологической среды, используемой для захоронения промтоходов, на основе изучения неотектоники территорий и минеральных ассоциаций (гидротермальной и гипергенной), возникающих в этот период.

Для этого потребовалось решение нескольких задач:

1. Рассмотреть состояние проблемы по использованию недр для захоронения промстоков и промтоходов
2. Расширить современную методику районирования территории по условиям захоронения промтоходов;
3. Доказать возможность использования минеральной ассоциации (аллофан-гипс-гётит) в качестве индикатора неотектонических процессов. Для оценки вероятной проницаемости геологических структур изучить ряд минералов: гипергенные кальциты, гидротермальные киноварь, пирит, барит, самородные цинк, свинец и др.
4. Оценить безопасность восьми ППЗП, различающихся типом используемых коллекторов (карбонатные и терригенные);
5. Изучить влияние трещиноватости, сформированной в новейший этап тектогенеза, на характер распространения промстоков в коллекторах;
6. Проанализировать возможность использования галогенных формаций для захоронения высокотоксичных твёрдых отходов (продуктов УХО).

#### **Основные защищаемые положения.**

1. Анализ неотектонической истории территорий – необходимое условие при региональном (масштаб 1:1 000 000 и 1:100 000) районировании (при прочих равных геолого-гидрогеологических условиях) для подземного захоронения промтоходов.
2. Ориентировка и характер трещиноватости в коллекторах, сформированных в неотектонический этап – главные факторы, определяющие направления движения промстоков. В связи с этим: а. При простом тектоническом строении – ореол распространения промстоков рассчитывается

по основным параметрам эллипса, площадь которого соответствует площади ореола при расчетах по модели поршневого выдавливания, а вытянутость пропорциональна основным параметрам эллипса; б. При сложном - контур ореола должен иметь конфигурацию, определяемую параметрами эллипсов, построенных для различных элементов структуры (свод, крыло, периклиналь).

3.. Галогенные формации возможно использовать для безопасного захоронения высокотоксичных твердых отходов (продуктов УХО), в частности, наиболее благоприятными, являются пассивные в неотектоническом плане соляные купола;

4. Аллофан-гипс-гётитовая минеральная ассоциация - индикатор активизации неотектонических процессов юго-восточной части Восточно-Европейской платформы. Гидротермальная ассоциация (киноварь, пирит, барит, самородные - цинк, свинец и др.), гипергенные кальциты, свидетельствуют о проницаемости неотектонических структур.

#### **Фактический материал и личный вклад автора.**

В основу работы положены результаты исследований автора в НИИ геологии СГУ (1979-2005 гг.), проведённых в соответствии с планами производственных и научно-исследовательских работ.

1. При выполнении тематических исследований с 1980 по 1985 гг. по плану Министерства геологии РСФСР, изучался характер распространения и вещественный состав высоко глинозёмных образований на территории Среднего и Нижнего Поволжья.

2.. С 1986 г. по 1990 г. изучались карбонатные и галогенные породы палеозойского возраста с целью оценки их пригодности для захоронения токсичных промстоков. Для этого проанализирована информация по более чем 3 тысячам скважин глубокого бурения нескольких нефтегазоразведочных организаций (УБР, НГДУ), Самарской, Саратовской и Волгоградской областей. Особое внимание уделялось характеристике интервалов поглощения промывочной жидкости. Обобщены материалы ряда организаций: ВолгоградНИПИнефть, НВНИИГГ (г.Саратов), ВОИГиРГИ (г. Куйбышев).

На 6 ключевых участках, в местах выходов карбонатных коллекторов на поверхность, замерялась трещиноватость и изучались карстовые процессы.

2. В 1993-95 гг. выполнена программа «Экологическая безопасность России». Проведено районирование по условиям захоронения промстоков территорий Саратовского и Волгоградского промузлов, масштаба 1:100 000. Дана оценка экологической безопасности ППЗП (г.Волжский).

3. В 1997-2004 г.г. выполнены исследования по оценке экологической безопасности трёх ППЗП (РАО «Газпром»): Песчано-Умётском ПХГ, Елшано-Курдюмском ПХГ, Степновском ПХГ. На четырёх ППЗП (ОАО «Саратовнефтегаз»): Соколовогорский, Гусельский, Смородинка и Лимано-Грачёвский проведены аналогичные исследования.

4. В 1995-2000 г.г. изучена возможность использования галогенных формаций Прикаспия для захоронения высокотоксичных продуктов УХО.

Во всех исследованиях автор принимал участие в качестве ответственного исполнителя или научного руководителя.

**Научная новизна** заключается в следующем:

**1** - Дано обоснование необходимости использования неотектонических критериев (амплитуд, направленности и интенсивности движений) при региональном районировании территорий по условиям захоронения промстоков и промотходов (продуктов УХО).;

**2** - В пределах восьми ППЗП изучены особенности, интенсивность проявления неотектонических и современных процессов, что позволило более полно оценить безопасность их работы.

**3** - Показана высокая информативность минеральных ассоциаций: **а.** Гипергенная (гётит-аллофан-гиббсит; кальциты); **б.** Гидротермальная (киноварь, пирит, барит, самородные: цинк, медь и др.), в оценке проявления неотектонических движений и раскрытости геологических структур;

**4** - Обоснованы дополнительные критерии по выявлению интенсивности современных и неотектонических движений солянокупольных структур (на примере северо-западной части Прикаспийской впадины) и на их основе

проведён выбор безопасных территорий для подземного размещения токсичных продуктов УХО;

### **Теоретическое и практическое значение.**

Результаты исследований позволяют с большей степенью надёжности оценивать безопасность территорий и возможное непредсказуемое распространение токсичных промстоков из-за нарушенности изолирующих свойств водоупорных пород, на которых планируется размещать ППЗ жидких отходов, а также безопасное размещение продуктов УХО в галогенных формациях.

Впервые обоснована необходимость расчёта направления и фронта распространения, закачиваемых промстоков с учётом **эллиптической**, а не **радиальной** модели. Прогноз движения промстоков в коллекторах выполнен с учётом трещиноватости, сформированной в новейший этап тектогенеза. Это позволило сделать обоснованные рекомендации по распространению промстоков и получить лицензии на горные отводы по каждому из ППЗП.

### **Реализация результатов исследований.**

Разработанные методики районирования территорий по условиям захоронения промстоков масштабов 1:1000 000 и 1:100 000 были использованы при составлении соответствующих карт.

Карта масштаба 1:1 000 000 составлена для территории пяти областей: Самарская, Саратовская, Пензенская, Волгоградская, части Астраханской и передана в ПГО «Нижневолжскгеология» (г.Саратов).

Карты районирования масштаба 1:100 000, в рамках Государственной программы «ЭБР», составлены для территории двух крупных промышленных зон: городов Саратова и Волгограда.

На основе разработанных методических приёмов проведена оценка экологической безопасности одного из самых спорных ППЗП (г. Волжский, Волгоградской области). Результаты исследований переданы администрации химического завода, а также институту НПО «НИОПИК» (г. Москва).

Аналогичные исследования ППЗП выполнены на территории Песчано-Умётского ПХГ. Рекомендации даны ОАО «ВНИПИгаздобыча», г.Саратов.

Управлению НТПиЭ РАО «Газпром» - для территорий ППЗП Елшано-Курдюмского и Степновского ПХГ и ОАО «Саратовнефтегаз» - Соколовогорский, Гусельский, Смородинка и Лимано-Грачёвский, были даны соответствующие рекомендации.

При захоронении продуктов УХО (р.п. Горный) в галогенных породах, выполненные исследования помогут выбрать участки земных недр безопасные в экологическом отношении.

Результаты работы применяются при подготовке лекционных курсов по «геохимии техногенеза», «рациональному использованию и охране водных ресурсов», «инженерной геологии», «общей гидрогеологии» для студентов специальностей «Геоэкология», «Гидрогеология и инженерная геология» на геологическом и географическом факультетах в СГУ им. Н.Г.Чернышевского.

**Публикации и апробация работы.** Результаты исследований, включающие основные защищаемые положения, докладывались на ряде совещаний и научных конференциях: 1. Республиканское совещание «Коры выветривания и бокситы», Алма-Ата, 1980; 2. Всесоюзное совещание «Коры выветривания и бокситы», Кустанай, 1981; 3. VI Минералогический съезд (ВМО) г. Ленинград, 1982; 4. Всесоюзный минералогический семинар «Минералогическое картирование как метод исследования рудоносных территорий», Миасс, 1983; 5. Всесоюзное совещание «Подземные воды и эволюция литосферы», Москва, 1985; 6. Всесоюзный семинар «Бокситы и другие руды алюминиевой промышленности», Савинск, 1983; 7. Всесоюзное совещание «Кора выветривания, как источник комплексного минерального сырья», Челябинск, 1986; 8. XIV Всесоюзное совещание «Глинистые минералы и породы, их использование в народном хозяйстве», Новосибирск, 1988; 9. 11 Всесоюзное совещание «Физико-химическое моделирование в геохимии и петрологии на ЭВМ», Иркутск, 1988; 10. Региональная конференция «Экологические проблемы р. Волги», Саратов, май, 1989; 11. Всесоюзное

совещание «Геохимия техногенеза», Минск, 1991; 12. Республиканская научно-техническая конференция «Состояние, проблемы утилизации и подземного захоронения жидких промтовходов промышленных производств», Саратов, 1994\*; 13. Международная конференция «Геология и минеральные ресурсы Ю-В Русской плиты», Саратов, январь, 1998; 14. НПК «Геологические науки – 98, на пороге XXI века». Саратов, апрель, 1998; 15. НПС «Проблемы геоэкологии Н. и С. Поволжья». Саратов, июнь, 1998; 16. Региональная НПК «Оптимизация природопользования и охрана окружающей среды Южно-Уральского региона». Оренбург, 1998; 17. Всероссийская НПК «Возрождение Волги - проблемы и пути решения». Саратов, октябрь, 1998; 18. Proceedings Eight International Congress International Association for Engineering Geology and the Environment. Vancouver. Canada. 1998; 19. Межведомственная научная конференция «Геология и геоэкология Урала и Поволжья». Саратов, октябрь, 1998; 20. Межведомственная научная конференция «Проблемы геоморфологии и морфотектоники». Саратов, декабрь, 1998; 21. Научная конференция «Фундаментальные и прикладные исследования саратовских учёных для процветания России и Саратовской губернии». Саратов, март, 1999; 22. Научная межведомственная конференция «Геологические науки-99». Саратов, апрель, 1999; 23. European Geophysical Society XXIV General assembly the Hague, Holland, 19-23 april, 1999; 24. IX съезд Минералогического общества, посвящённый 275-летию РАН. С.-Петербург, май, 1999; 25. Четвёртая Всероссийская научная конференция с международным участием «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». С.-Петербург, июнь, 1999; 26. Международная конференция ISEE/RC 99. «Природа и общество в новом тысячелетии. Глобализация и региональные эколого-экономические проблемы». Саратов, июнь, 1999; 27. Международный симпозиум «Геохимические барьеры в зоне гипергенеза». Москва, октябрь, 1999; 28. Всероссийская научная конференция «Геология Русской плиты и сопредельных территорий на рубеже веков» Саратов, март, 2000; 29. НПК конференция «Нефтегазовая отрасль: тенденции и перспектива развития», Саратов, август,



2000; 30. Международная конференция «Освоение недр и экологические проблемы - взгляд в XXI век ». Москва, 20-24 ноября 2000; 31. Вторая Республиканская НПК «Проблемы захоронения промотходов в глубокие горизонты Земных недр» Саратов. 2001г.\* 32. Первая Международная конференция «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», Москва, 2002 г, 33. Вторая Международная конференция «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», Москва, 2003 г; 34. Симпозиум «Карстоведение – XXI век: теоретическое и практическое значение», Пермь, 2004г; 35. X съезд Российского минералогического общества, Санкт-Петербург, 2004 г. 36. Международная конференция «Фундаментальные проблемы нефтегазовой гидрогеологии», Москва, 25 октября 2005 г.

Ряд вопросов, касающихся минералогической и гидрогеологической частей работы обсуждались в 1986 г на Учёном Совете в ИГЕМ АН СССР, на заседании кафедр геохимии и гидрогеологии МГУ им. М.В. Ломоносова и МГРИ (г. Москва, кафедра гидрогеологии и радиогидрохимии).

Опубликовано по теме диссертации 74 работы, включая 3 монографии (в соавторстве), объёмом 20 печ. листов и защищено на НТС 22 отчёта.

**Благодарности.** В процессе многолетних исследований автор получал советы и поддержку А.И.Перельмана, К.И.Лукашёва, В.А.Гуцаки, В.В.Гудошниковой. Им, моим учителям, особая благодарность.

Работа не могла бы быть выполнена без участия моих коллег: Л.А.Анисимова, А.Н.Кукина, И.В.Пролёткина, Г.А.Московского, Б.В.Уфимцева. Автор благодарен сотрудникам лабораторий и геологических партий НИИГ СГУ: И.П.Гудошниковой, О.А.Лихоман, В.Г.Семёновой, В.А.Тищенко, А.Ф.Черняевой, и другим за участие в сборе, обработке материалов. Весьма полезными были консультации по неотектонике профессоров А.Д.Наумова и В.Н.Зайонца. Большую помощь в сборе и обработке фактического материала оказали специалисты научных организаций

---

\* совещания прошли при непосредственном организационном участии автора настоящей работы.

г. Саратова: О.К.Навроцкий, Г.А.Семёнычев, В.В.Каменский, А.О.Токарский.

Исключительно полезными были обсуждения вопросов со специалистами г. **Москвы - Институт геоэкологии РАН** В.И.Осиповым, В.И.Макаровым; **ИГЕМ РАН:** Ю. Ю. Бугельским, Е.Н.Борисенко, В.М.Новиковым, А.Д.Слукиным; **МГУ им. М. В. Ломоносова:** М.В. Борисовым, В. Т. Трофимовым; **МГРИ:** В.М.Швецом; **МИНГ:** Ф. А. Киреевым; **«НИОПИК»:** Ю.Н.Веретенниковым; **ГГП «Гидроспецгеология»:** Н.В. Тарасовой, В.А. Грабовниковым; **«ВНИПИпромтехнологии»:** А. И. Рыбальченко; г. **Санкт-Петербурга:** Б.М.Михайловым; **Иркутска:** И. К. Карповым, К.В.Чудненко; г. **Казани:** В. А. Копейкиным; г. **Оренбурга:** Г.А.Гаевым, О. М. Севастьяновым; г. **Самары:** М.И. Зайдельсоном, А.И. Чистовским, г. **Волгограда:** С.И. Застрожновым; г. **Волжского:** В.И. Кобзарём и многими другими.

Искреннюю признательность автор выражает О.Г. Токарскому за многолетнее плодотворное сотрудничество, за помощь и советы при выполнении исследований.

*Список текстовых аббревиатур встречаемых в тексте:*

**АВПД** – аномально высокое пластовое давление, **ВАО** – высоко активные отходы, **ВНК** – водонефтяной контакт, **ГВК** – газоводяной контакт, **ГНК** – газонефтяной контакт, **ГВР** – Главный Волжский разлом, **ЖРО** – жидкие радиоактивные отходы, **НАО** – низко активные отходы, **НПК** – научно-практическая конференция, **ПВ** – подземные воды, **ПК** – программный комплекс, **ППЗП** – полигон подземного захоронения промстоков, **ПХГ** – подземное хранилище газа, **СВ** – сточные воды, **УХО** – уничтожение химического оружия, **САО** – средне активные отходы, **УВ** – углеводороды.

## **Часть 1. ВВОДНАЯ.**

### **Глава 1. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЗАХОРОНЕНИЯ ПРОМСТОКОВ И ПРОМОТХОДОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ**

Анализ развития в историческом аспекте вопросов связанных с подземным захоронением токсичных промотходов с одной стороны сравнительно простая задача, но с другой, весьма сложная. Простая, из-за исторически короткого временного промежутка, когда впервые этот способ утилизации в качестве вынужденной меры начал применяться в 20-х годах в Германии<sup>1</sup> и в нашей стране - 50-е годы. Изучение территории США в поисках мест, пригодных для хранения радиоактивных отходов, ведётся с 1960 г.[252].

Сложная, обусловлена широким использованием этого метода в самых различных отраслях промышленного производства: нефтегазодобывающей и перерабатывающей, атомной, химической и т. д., а, следовательно, и различными типами отходов. Поэтому проводить полный анализ такого разнопланового материала не просто. Она несколько упрощается в связи с тем, что за последние 30 лет опубликованы обобщающие работы специалистами ведущих организаций страны (г.Москва): ГПП «Гидроспецгеология», ВСЕГИНГЕО, ВНИПИпромтехнологии, МГУ им. М.В. Ломоносова (геологический факультет), и, кроме того, статьи специалистов ведомственных институтов нефтяной, газовой и химической промышленности.

Предложения об использовании геологических формаций для захоронения жидких радиоактивных отходов (ЖРА), впервые выдвинуто геологами, радиохимиками, нефтяниками, в том числе академиками А.П.Виноградовым, В.И.Спициным, профессорами С.А.Вознесенским, Н.А.Калининым и др. [223].

Первое методическое руководство по гидрогеологическим исследованиям с целью установления условий закачки промстоков в недра было составлено в

---

<sup>1</sup> Henkel H.O.Deep-well disposal of chemical waster / H.O.Henkel. // Chem. Eng. Progress. - 1955. Vol.51, № 12. - P. 551-554.

1964 году Е.Е. Керкисом и Е.В. Лехтимяки. Практически без изменений оно было изложено в «Справочном руководстве гидрогеолога», т. 11.1969 г.

В 1978 году под редакцией К.И. Антоненко и Е.Г. Чаповского была опубликована книга большой группы авторов<sup>2</sup> и в этом же году монография Е.А. Миронова «Закачка сточных вод нефтяных месторождений в продуктивные поглощающие горизонты» [175]. В 1986 году опубликована монография авторов, проанализировавших опыт захоронения промстоков на предприятиях Миннефтепрома и Мингазпрома, отметивших, что уже к 1975 г только на промыслах в недра через 8 тыс. нагнетательных скважин закачивалось 860 млн. м<sup>3</sup> жидких отходов [100]. Несмотря на то, что в ней основное внимание уделено вопросам создания подземных хранилищ газа, впервые обращено внимание на роль неотектонических движений, влияющих на герметичность подземных резервуаров.

Проектные и методические проработки в нашей стране впервые начали выполнять ВНИИгаллургии<sup>2</sup> и затем целый ряд других организаций: ВНИПИгаздобыча (Саратов), НИОПИК (Москва), НИГГ (ИГГ АН, Минск), ВолгоградНИПИнефть, Волго-УралНИПИгаз (Оренбург), и т.д.

Основная проблема, возникающая при выборе участков для размещения ПЗП, заключается в поисках надёжно изолированных коллекторов, содержащих подземные воды, которые не используют для практических целей, сейсмически стабильные, а также по другим критериям [11, 103, 105, 253].

Научно-обоснованному решению вопросов безопасного захоронения в недрах Земли промышленных стоков и радиоактивных отходов в последние десятилетия во многих странах уделяется серьёзное внимание. Это подтверждают доклады специалистов из США, Франции, ФРГ, Канады, Испании, Швеции, Швейцарии, Венгрии, Югославии, сделанные на 28-ой сессии МГК. Они посвящены вопросам захоронения твёрдых радиоактивных

---

<sup>2</sup> Гидрогеологические исследования при захоронении промышленных сточных вод в глубокие водоносные горизонты / Отв. ред. К.И. Антоненко и Е.Г. Чаповский // М.; Недра, 1978. 220с.

отходов, и как показал их обзор, эта проблема имеет в этих странах основательное экономическое и правовое подкрепление [252].

### 1.1. Опыт регионального районирования территорий по условиям захоронения промстоков.

Организации Миннефтепрома и Мингазпрома, начиная с 50-х годов, строят и эксплуатируют подземные резервуары в Башкирии, Татарии, Пермской, Куйбышевской областях, в Северном Предкавказье и других районах [100, 175].

В конце 50-х годов были начаты комплексные исследования и геологоразведочные работы организациями Мингео и АН СССР, Министерства Среднего машиностроения и других ведомств. Изучались возможности создания полигонов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов (ЖРА). В результате выполненных работ дано обоснование геологических условий безопасного захоронения, осуществлено проектирование опытных и опытно-промышленных полигонов подземного захоронения, их строительство и ввод в эксплуатацию. В итоге для ряда радиохимических предприятий была решена задача предупреждения вредного влияния радиоактивных отходов на человека<sup>3</sup>.

В тоже время выяснилось, что около некоторых объектов (ПО «Маяк» у г. Челябинска) безопасных условий для захоронения промстоков нет. Возникла необходимость в проведении региональных исследований, с целью определения перспективных для этих целей территорий.

Огромный опыт использования подземного пространства для хранения отходов производства накоплен и в других странах. Например, в США, уже в 1973 году на нефтегазопромыслах имелось 18 000 поглощающих скважин, в других отраслях промышленности - 273 полигона [100].

---

<sup>3</sup> Кедровский О.Л. Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов в пористые геологические формации / О.Л.Кедровский, А.И.Рыбальченко, М.К.Пименов и др // Атомная энергия, т. 70, вып.5, май 1991. С.298-303

Публикации по этому вопросу начинают появляться в начале 60-х годов как у нас в стране, так и за рубежом<sup>4</sup>. Одной из первых следует назвать статью Н.И. Плотникова<sup>5</sup>. На территории СССР он выделил три категории областей: благоприятные, неблагоприятные и где можно создавать искусственные ёмкости в соленосных отложениях.

В 1965 году опубликована статья В.П. Новик-Качана<sup>6</sup>. Автор обращает внимание на то, что промстоки нельзя закачивать в недра без всестороннего комплексного анализа геологических и гидрогеологических условий районов. Он обращает внимание на опыт США, где уже проведено районирование всей территории страны и дана соответствующая характеристика выделенных структур в отношении возможности захоронения в них промстоков.

В конце 60-х годов появляется ряд статей, в которых даются принципы регионального районирования территории СССР по условиям закачки промстоков. Так, например, Б.Е. Антыпко с соавторами<sup>7</sup> на основании комплексного анализа геолого-структурных и гидрогеологических условий, с учётом некоторых критериев (наличие коллекторов, изоляция их водоупорами от зоны активного водообмена и т.д.) провёл «сугубо ориентировочно» региональную оценку территории СССР. Они показали, что дальнейшее более детальное гидрогеологическое районирование структур благоприятных для захоронения, должно развиваться по двум направлениям: с учётом технико-экономических показателей условий захоронения, а также с учётом данных о коллекторах, водоупорах, крупных дренажах, понимая под последними, речные долины, в том числе и погребённые. Авторы были весьма близки к

---

<sup>4</sup> Wright L.L. Underground Waste Disposal Industrial Water Engineering. - 1965. -Z. (1977)

<sup>5</sup> Плотников Н. И. К вопросу о захоронении вредных промышленных стоков в глубокие горизонты земной коры. / В сб.: «Вопросы формирования химического состава подземных вод». - М.: МГУ, 1963. - С. 164-191

<sup>6</sup> Новик-Кочан В.П. Некоторые вопросы подземного захоронения жидких промышленных стоков // Советская геология. - 1965, №6.- С. 122-130.

<sup>7</sup> Антыпко Б.Е., Кубынина Э.И. и др. Региональная оценка гидрогеологических условий захоронения промышленных сточных вод в глубокие водоносные горизонты на территории СССР // Тем. сб.: «Гидрогеологические вопросы подземного захоронения пром- стоков», под ред. В.М. Шестакова, М., ВСЕГИНГЕО, 1969, вып.14, - С. 174-179.

представлениям о необходимости учёта неотектонического фактора, проявляющегося в виде долин рек, закладывающихся в трещиноватых породах.

В 1969 году на территорию СССР составлена «Прогнозная карта гидрогеологических условий захоронения промышленных сточных вод в глубокие водоносные комплексы», масштаба 1:2 500 000. Это первое крупное обобщение, сделанное коллективом геологов ГПП «Гидроспецгеология» (г. Москва), под руководством академика А. В.Сидоренко, предназначалось для определения возможности захоронения промстоков действующих и проектируемых промышленных предприятий, а также разработки научно-обоснованных программ гидрогеологических исследований на начальных стадиях проектирования ППЗ. Было подчёркнуто, что карта дает лишь качественную характеристику коллекторов и общую ориентировку для планирования мероприятий, связанных с захоронением в них промстоков [218]. Вполне справедливо отмечается, что для окончательного решения вопроса о возможности удаления промстоков конкретных предприятий необходимо проведение на соответствующих участках специальных гидрогеологических исследований. Их цель - определение граничных условий и основных параметров водоносных комплексов, являющихся по общим гидрогеологическим условиям благоприятными для захоронения промстоков.

Авторами впервые в нашей стране были разработаны и реализованы принципы построения таких карт. Однако при её составлении они не учитывали проявление неотектонических движений, тем не менее, на ней были показаны структуры сформированных в новейший этап: например, 1<sub>20</sub>-Саратовские и Доно-Медведицкие дислокации [218].

В 1972 году опубликована монография под редакцией К.Е.Питьевой<sup>8</sup>. В ней, помимо многих важных вопросов по этой проблеме, проведено районирование территории Куйбышевского Поволжья и Башкирии по влиянию

---

<sup>8</sup> Питьева К.Е., Орлов М.С. и др. Районирование Куйбышевского Поволжья и Башкирии по влиянию гидрогеологических условий на сброс промстоков в карбонатные породы. / В кн.: «Гидрогеологические и гидрохимические исследования при решении проблемы сброса промстоков в глубоко залегающие карбонатные породы (на примере Куйбышевского Поволжья и Башкирии)». - М.: МГУ. 1972. - С. 332-336.

гидрогеологических условий на сброс промстоков в карбонатные породы. На основе анализа гидрохимических и гидродинамических параметров водоносных комплексов, выделены *благоприятные* и *неблагоприятные*. Весьма показательно, что авторами обращается серьёзное внимание на интенсивность проявления трещиноватости, которая связывается со структурной приуроченностью к тому или иному участку (стр.337), и подчёркивается, что трещиноватость более интенсивна на крутых крыльях и периклиналях валов и поднятий. Остался всего лишь один шаг к учёту неотектонических движений. Авторы отводят главную роль в определении проницаемости коллекторов только палеокарстовым процессам, при этом, отмечая: вопрос о последовательности разделения территории должен решаться каждый раз применительно к конкретному пласту и к определённой территории (с.337).

В статье «Основные предпосылки и практика использования глубоких водоносных горизонтов для захоронения жидких радиоактивных отходов», опубликованной в 1978 году, подчёркивается, что наиболее благоприятными для этих целей являются горизонты крупных артезианских бассейнов платформенного типа, залегающие в зоне застойного режима и содержащие высокоминерализованные воды. Одним из основных признаков надёжности геологической структуры является то, что она должна находиться за пределами активной тектонической деятельности [253]. При этом авторы считают платформы зонами, в пределах которых неотектонические и современные движения высокой интенсивности не возможны.

Показательным является пример реализации программы по захоронению высоко фоновых радиоактивных отходов [цитируется по 252]. В 1986 году в Северной и Центральной Швейцарии, после выявления потенциально пригодных для захоронения отходов пород (мергели, известняки, глины) на первом этапе геологических исследований (с бурением семи скважин глубиной до 2500 м), наряду с гидрогеологическими и геофизическими исследованиями, проведены *и неотектонические* (курсив В.Ю.В.), включающие анализ



космических снимков, долгосрочный мониторинг землетрясений, геодезические измерения. Эти работы позволили получить исходную информацию для оценки долгосрочной стабильности геосферы.

Одной из важных следует назвать работу В.М. Гольдберга с соавторами «Обобщение опыта разведочных работ по обоснованию подземного захоронения жидких промышленных отходов», опубликованной в 1986 г.<sup>9</sup>. В ней обращается серьёзное внимание на проблему обоснования надёжности водоупоров, перекрывающих пласт-коллектор. Авторы отмечают, что в зависимости от того, в какой части структуры расположен участок разведки или отдельная скважина, *можно ожидать разную интенсивность развития трещиноватости в водоупорной толще* (курсив В.Ю.В.), так, максимальной она может быть в сводовой части антиклинальной складки, в меньшей степени проявляется на её крыльях.

Первостепенное значение при изучении изолирующих свойств водоупоров имеет анализ геологических, литологических и *тектонических* факторов. Весьма важным является вывод о правомерности решения задач касающихся выяснения водопроводимости разломов с помощью откачек или нагнетания. Они считают, что постановка такой задачи неправомерна и едва ли на неё может быть дан однозначный ответ. Выводы зависят как от несоответствия по времени выполняемых опытных и эксплуатационных работ, так и от гидрохимических факторов (минерализации вод и промстоков). При кратковременной откачке разлом может быть экранирующим, а при эксплуатации полигона – проводящим<sup>9</sup>.

Вопросам районирования территорий по условиям подземного строительства инженерных сооружений для нефтегазовой промышленности уделяется внимание в монографии А.Я. Гаева с соавторами [100]. В основу районирования природных типов резервуаров положен структурно-

---

<sup>9</sup> Гольдберг В.М., Лукьянчикова Л.Г. и др. Обобщение опыта разведочных работ по обоснованию подземного захоронения промышленных сточных вод // Инженерная геология. - 1986. № 1. - С. 110-118.

геологический принцип. Они отмечают, что вполне возможно обнаружение гидрогеологических окон, *тектонически ослабленных зон* (курсив В.Ю.В) и т.д. На схеме гидрогеохимического районирования Урала и Предуралья, отражено, что в пределах артезианских сводов, испытывающих унаследованные *неотектонические движения* (курсив В.Ю.В.) мощности вышерасположенных гидрогеохимических зон максимального гидрогалогенеза и хлоридного гидрогенеза возрастают (с.57).

В 1986 году А.В. Кудельским<sup>10</sup> предложена классификация крупных геологических структур земной коры по условиям подземного захоронения твёрдых промтовходов. Она основана на анализе структурно-геологических и гидрогеологических условий территорий, а также энергетического состояния земной коры региона в целом. Автор относит к весьма благоприятным по условиям захоронения в пределах платформ древние щиты и массивы, древние плиты. Молодые щиты и массивы - только в относительно стабильных блоках, характеризующихся незначительной сейсмичностью и низким теплоэнергетическим потенциалами. Это, по его мнению, исключает возможность сколько-нибудь значительного конвективного теплопереноса в направлении земной поверхности.

В развитие этих представлений позднее А.В.Кудельским, совместно с М.Г.Ясовеевым, продолжены работы по созданию общей геологической концепции и районированию территории Белоруссии по условиям захоронения радиоактивных отходов<sup>11</sup>. В зависимости от глубины залегания кристаллического фундамента, в первую очередь определяющего гидрогеологические условия, выделено 4 зоны, каждой из которых дана оценка с точки зрения благоприятности для захоронения промтовходов. Они считают, что предложенное районирование позволяет судить о геолого-гидрогеологических возможностях и принимать принципиальные решения по

<sup>10</sup> Кудельский А.В. Геологические основы концепции подземного захоронения промышленных отходов // Инженерная геология. - 1987, № 6. - С. 101-110.

<sup>11</sup> Кудельский А.В., Ясовеев М.Г. Геолого-гидрогеологические предпосылки подземного захоронения радиоактивных отходов Белоруссии. Районирование и простейшие модели // Атомная энергия. - 1991. т.70. вып.5. - С. 310-314.

проблеме захоронения на стадии до проектных документов.

Начиная с 1989 по 1992 гг. автором совместно с коллегами были опубликованы ряд статей и сделаны доклады на совещаниях, в которых обсуждались методики районирования территорий с учётом проявления неотектоники и другие вопросы по проблемам захоронения токсичных промстоков [6, 7, 8, 9].

В статье Ю.С.Татарчука и Ю.К.Шипулина<sup>36</sup> рассмотрены цели, стадии, геологические задачи и комплекс работ при исследовании геологических формаций с целью глубинного размещения в них жидких промышленных, а также твёрдых и радиоактивных отверждённых отходов. Авторы, говоря о последовательности работ, в первую стадию, по оценке принципиальной возможности постановки исследований для захоронения жидких промышленных отходов, включают анализ геологического строения и гидрогеологических условий, а так же изучение *сейсмоактивности и неотектоники* территории. На третьей стадии исследований территории, они предлагают проведение дешифрирования многозональных космоаэрофотоснимков, с последующим составлением карты линеаментов для картирования разуплотнённых зон осадочного чехла, а так же площадные гелиометрические исследования зоны свободного водообмена с целью картирования возможных зон перетоков, приуроченных к унаследованным зонам разломов (с.91). Авторами подчёркивается, что изучение неотектоники является одним из важнейших видов работ при решении вопросов выбора территорий для экологически безопасного размещения в подземном пространстве токсичных промстоков.

Для твёрдых токсичных отходов, геологической предпосылкой экологически безопасного подземного захоронения является широкое развитие на территории России пригодных для такого использования формаций практически водонепроницаемых пород - кристаллических, галогенных,

---

<sup>36</sup> Татарчук Ю. С., Шипулин Ю. К. Исследование геологических формаций с целью глубинного размещения в них токсичных промышленных отходов // Инженерная геология. - 1992. №2. - С.89-97

глинистых. Предварительно пригодность конкретных территорий для подземного захоронения твёрдых отходов определяется по картам [114, 115]:

- специальная карта районирования территории России по перспективности использования геологической среды для подземного захоронения высоко - и среднеактивных твёрдых и отверждённых радиоактивных отходов в интервалах глубин 300-1500 м (1992 г., масштаб 1 : 4 000 000)

- инженерно-геологическая карта подземного пространства России на глубину до 1000 м (1996 г, масштаб 1: 5 000 000).

В 1993 году опубликована монография «Гидрогеологические исследования для обоснования подземного захоронения промышленных стоков». В ней обобщён опыт работ по этой проблеме и рассмотрены основные вопросы методики выполнения исследований [105].

Вопросам районирования территорий стран СНГ, Литвы, Латвии и Эстонии посвящена глава 2. По условиям захоронения на ней показаны районы: 1. благоприятные; 2. ограниченно благоприятные; 3. предположительно благоприятные, но недостаточно изученные; 4. неблагоприятные для поисков глубоких водоносных горизонтов- коллекторов. Всё подразделение основывается на степени гидрогеологической изученности территорий и их соответствии экологической безопасности.

В работе приводится характеристика гидрогеологических областей платформ, включая артезианские бассейны Восточно-Европейской (Русской), юго-восточная часть которой (Среднее и Нижнее Поволжье) нами рассматривается (глава 3). На схеме распространения водоносных комплексов - возможных коллекторов для захоронения промстоков выделены: 1. возможные коллекторы для захоронения, с подразделением на развитые регионально, локально и недостаточно изученные. 2. районы развития водоносных комплексов непригодных для захоронения промстоков.

В основу регионального районирования положены глубина залегания кристаллического фундамента и характер водообмена (активного и

замедленного) и обращается внимание на степень тектонической нарушенности осадочного чехла, которая при высокой интенсивности ограничивает возможность захоронения (с. 51). Таким образом, хотя в этой части монографии, посвящённой региональному районированию и нет прямых указаний на неотектонический фактор, но он присутствует. Об этом свидетельствуют фразы: «сильная тектоническая нарушенность осадочного чехла», «соляные купола, к которым приурочены многочисленные тектонические нарушения, непригодны для захоронения» и т.д. При рассмотрении этапов проектирования ППЗП, на стадии ТЭО и в рабочем проекте, авторами предусматривается обязательное детальное изучение неотектонических условий района. Как это делать на начальной стадии исследования закрытых гидрогеологических структур региона, без привлечения буровых, опытно-фильтрационных и геофизических работ, приводится в разделе 6.4.

Применение структурно-тектонического анализа, частью которого является морфоструктурный анализ, базирующийся на выявлении линейаментов по результатам дешифрирования космо-аэрофотоснимков и анализа особенностей строения рельефа по топографическим картам, с целью изучения неотектоники, впервые даётся авторами в монографическом варианте.

Работы, по аналогичной методике, выполнены нами в 1993-94 г.г. на ППЗП в районе г. Волжского (глава 5), в районе Песчано-Умётского, Елшано-Курдюмского (г.Саратов), Степновского ПХГ (Саратовская область) в 1997-2003 г.г. и в 2003-04 гг на четырёх ППЗП Саратовских предприятий нефтегазодобывающего комплекса (Соколовогорское, Гусельское, Смородинка, Лимано-Грачевское) (главы 8 и 9).

Для региональной оценки территорий по условиям захоронения промстоков в м-бе 1: 1 000 000, эта методика применялась, начиная с 1986 года (глава 3) и в 1994 - 95 г.г. в м-бе 1: 100 000 (глава 4).

В 1994 году опубликована статья Н.П. Лавёрова, Б.И. Омеляненко и В.И.Величкина «Геологические аспекты проблемы захоронения радиоактивных

отходов» (см. сноску 3, стр.10). В ней рассмотрены проблемы связанные с захоронением твёрдых ВАО, так как для НАО и САО обеспечение их надёжной изоляции на требуемый период (500 - 1000 лет), не представляет серьёзной проблемы. Для ВАО основная задача по обеспечению экологической безопасности подземного захоронения авторами переносится на геологическую среду (с.9). Поэтому, сейсмический режим (частота и интенсивность проявления неотектонических движений) является важным критерием при выборе мест для строительства могильника.

Концептуальной основой предлагаемого подхода к решению проблем безопасного захоронения РАО является то, что главная роль отводится изоляционным свойствам геологической среды, а не технологиям (контейнеры и т.д.), применяемых в других странах. Причём, неотектоническому фактору при выборе участков для размещения ВАО, уделяется одно из основных значений.

Нам представляется, что предлагаемая авторами концепция в решении проблем касающихся захоронения ВАО отходов, с точки зрения разработки геологических предпосылок - изучения изоляционных свойств геологической среды может быть расширена и на другие виды промотходов.

В монографии «Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов» [223], впервые подробно освещается более чем 30-летний опыт исследований, создания и осуществления глубинного захоронения ЖРО в геологические формации на предприятиях и исследовательских центрах атомной промышленности России. Геологическое захоронение радиоактивных отходов в таких масштабах является единственным в мире. Оно сыграло большую роль для предотвращения воздействия радиоактивности на людей.

В работе проведён анализ роли тектонических, а также и современных, включая и землетрясения, движений в оценке безопасности размещения ППЗ ЖРО. Авторы считают, что опасения связанные с этими процессами преувеличены. Так в разделе 2.4 (с. 61) говорится, что активные разломы в регионах, в которых имеются условия для захоронения жидких отходов,

например в областях платформы, встречаются сравнительно редко. Они, при необходимости, могут быть выделены по комплексу признаков. Авторы также считают, что большинство разломов в интересующих, с точки зрения захоронения, областях платформ, являются стабильными структурами в течение сотен миллионов лет. Связанные с ними разрывные нарушения, ограничиваются фундаментом или нижней частью осадочного чехла ниже перспективных коллекторских горизонтов (с. 61). Опасения должны вызывать лишь активные тектонические нарушения, которые секут как сами коллектора, так и перекрывающие их водоупорные образования, особенно те из них, которые имеют проницаемые плоскости смещения. Абсолютно верно, вот поэтому то неотектонический фактор и надо учитывать. Ссылка на сохранность нефтегазовых месторождений, на наш взгляд не вполне корректна, так как там где есть месторождения, строительство ППЗ недопустимо. А там где их нет, вероятно, поэтому и нет месторождений, так как отсутствовали благоприятные условия: необходимые структуры, экраны. Ранее установлено (глава 3), что практически все известные в Поволжье месторождения нефти и газа многоярусны (толщина продуктивных горизонтов достигает 1000 и более метров). Они сформированы в структурах, тектонически-активных в новейший этап истории Земли.

Показательным примером, неоднозначности анализа материалов по одному и тому же объекту, являются результаты работ в районе действующего ППЗ ЖРО (НИИАР, г. Димитровград. Этот объект считается экологически безопасным [223, 254, 306].

По данным исследований, проведённых ЦНИИГеолнерудом [235], были отмечены повышенные содержания отдельных радионуклидов (Cs, U, и др.) в донных отложениях, непосредственно примыкающих к промплощадке НИИАР г. Димитровграда и повышенная бета-активность проб воды в районе р.п. Мулловка.

При дешифрировании космических снимков на картосхеме района обнаружилась сеть различно ориентированных систем линеаментов, секущих

земную поверхность в разных направлениях. Трещиноватость горных пород также установлена в керне Мелекесской опорной скважины, пробуренной на линеаменте северо-восточного простирания пересекающий территорию ППЗ (с.12). Это позволило авторам сделать вывод о наличии возможной гидродинамической связи между всеми водоносными комплексами, включая и поверхностные воды. Таким образом, экологическая безопасность объекта, по их мнению, не достаточно обоснована.

При рассмотрении вопросов возможности использования галогенных пород в качестве объектов для строительства емкостей и выработки соответствующих критериев, посвящены работы академика В.И.Осипова и его коллег [см. сноску 4, стр. 10], а также ряда зарубежных авторов [319, 324, 314]. Авторами обосновывается, а практический опыт подтверждает возможность использования галогенных формаций для размещения в них токсичных отходов и продуктов.

Вопросам выбора участков земной коры для размещения и захоронения токсичных отходов посвящается статья В.Н.Морозова и В.Н.Татарина<sup>12</sup>. В ней даётся методика оценки структурно-тектонических блоков земной коры на основе анализа геолого-геофизических данных с помощью геоинформационных систем. Авторами отмечается, что существующие в настоящее время подходы к выбору участков для размещения экологически опасных объектов, основаны на рассмотрении блоков земной коры, расположенных в тектонически-слабоактивных районах. Они обладают слабой проницаемостью, тектонической активностью и сейсмичностью [142, 143].

Обращает на себя внимание, что при оценке внешнего воздействия на блок большая роль отводится таким факторам как: интенсивность вероятных землетрясений, их повторяемость (это относится к современным воздействиям), амплитудам вертикальных неотектонических движений, градиентам их скоростей <sup>12</sup> [с.110].

---

<sup>12</sup> Морозов В.Н., Татарин В.Н. Методика выбора участков земной коры для размещения экологически опасных отходов // Геоэкология. - 1996. №6. - С. 109-119.



Б.Т.Кочкиным<sup>13</sup> в 1996г. предложены рекомендации по совершенствованию экспертной оценки обширных территорий с целью выбора районов, благоприятных для сооружения могильников твёрдых высокорadioактивных отходов. Среди главных критериев оценки геологической среды при выборе мест для захоронения ВАО, названы: уровень сейсмичности, проявление новейших разломов, геотектонический режим и скорость вертикальных движений земной коры. Автор подчёркивает, что новейшие разломы представляют наибольшую опасность (с.42). Одним словом – и неотектонические условия определяют безопасность размещения ВАО в недрах Земли.

Последнее десятилетие характеризуется активным рассмотрением роли неотектоники в оценке перспектив безопасного использования подземного пространства при захоронении промстоков и твёрдых промотходов. Это подтверждает и публикация «О прогнозировании экологической безопасности захоронения жидких радиоактивных отходов в зонах сочленения платформенных и складчатых областей»<sup>15</sup>. В ней рассмотрены возможности долгосрочного прогнозирования безопасности захоронения на примере Томского и Красноярского полигонов на основе влияния новейших и современных тектонических движений на гидролитосферу.

Среди основных факторов, оказывающих влияние на изолированность захоронённых жидких радиоактивных отходов, названы космофизические процессы (изменение параметра земной орбиты, скорости вращения Земли, изменение гравитационных полей, волнового и корпускулярного излучения Солнца и из космоса). Эти, а также климатические процессы, по мнению авторов, в настоящее время не могут быть спрогнозированы на длительную

---

<sup>13</sup> Кочкин Б.Т. Выбор размещения могильников высокоактивных ядерных отходов // Геозкология. - 1996. № 5. - С.35-45.

<sup>15</sup> Купалов-Ярополк О.И., Лукина Н.В., Жемерикина Л.В., Швец В.М. О прогнозировании экологической безопасности захоронения жидких радиоактивных отходов в зонах сочленения платформенных и горноскладчатых областей // Геозкология. -1997. № 5. - С. 60-73.

перспективу, следовательно, и выводы о безопасности захоронения отходов, сделанные без их учёта, неправомерны.

Они рассматривают и геолого-тектонические процессы, которые весьма активно влияют на степень изолированности закачиваемых в недра промстоков и, по их мнению, должны учитываться в первую очередь. Особое внимание обращается на активные новообразованные разломы, возникших во время последнего (плейстоцен-голоценового) этапа тектонической активизации, которые характеризуются отсутствием смещений глубокозалегающих геологических тел (с.71), а также и на мегатрещиноватость пород, влияющей на степень изолированности отходов (с.72). Сложные разрывные структуры районов вокруг Томского и Красноярского полигонов не были известны в период их строительства, поэтому они также должны учитываться при прогнозировании распространения промстоков. На примере двух районов Западной Сибири доказывается необходимость прогнозирования развития различных процессов, влияющих на изолированность захороненных жидких отходов (с.73).

Специалистами ГПП «Гидроспецгеология», совместно с другими организациями, в 1999 году была составлена «Карта геолого-гидрогеологических условий захоронения жидких промышленных отходов в глубокие водоносные горизонты на территории России» масштаба 1:2 500 000 [303]. На ней выделены две группы районов: перспективные и не перспективные для этих целей. Европейская часть России характеризуется, в основном, благоприятными условиями захоронения (с.26). О новейшей тектонике и её роли в оценке территорий, авторы не говорят. Можно сделать вывод о том, что они считают необходимым изучать неотектонические движения только на проектных стадиях исследований. Этот вывод следует и из содержания работы, в части, касающейся оценки экологической безопасности ППЗ токсичных промстоков в районе г. Волжского (автор Ю.Н. Веретенников), а также по монографии «Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов» [223]. Все названные специалисты являются соавторами этой карты.

Анализ результатов долговременных последствий захоронения ЖРО, связанных с переносом радионуклидов подземными водами, на основе сценариев эволюционного развития системы захоронения, предполагающих относительную неизменность современных геологических, гидрогеологических и других условий влияющих на их миграцию, проведён тремя организациями: институтом ВНИИПромтехнологии Минатома РФ, ИГЕМ РАН, а также Международным институтом системного анализа (Австрия)<sup>16</sup>. Для этого сценария обосновывается вывод, что захоронённые ЖРО не представляют ни краткосрочного риска радиоактивного облучения населения, ни долгосрочной опасности значительного радиоактивного загрязнения поверхностных вод.

Результаты анализа гипотетических сценариев, предполагающих нарушение изолирующих свойств геологической среды вследствие тектонических подвижек рассмотрены этими же авторами в другой статье<sup>17</sup>. Проведённый анализ позволил утверждать, что и этот сценарий не выявляет существенного риска радиоактивного облучения населения ни в близком, ни в отдалённом будущем.

В последнее время появились публикации, в которых предлагается использовать для захоронения глубоководные океанические желоба [126] или на дне океанов, в области материкового склона. В этих частях установлены широко развитые процессы оползания, огромных по объёму (от 760 до 30 000 км<sup>3</sup>) и масштабам (фронт оползня: 180 и более км, площадь: 4000 - 30 000 км<sup>2</sup>) донных отложений, которые надёжно законсервируют токсичные отходы<sup>18</sup>.

Авторами предлагается перейти от современных исторического вариантов захоронения (сотни-тысячи лет), к геологическому (миллионы - десятки миллионов лет). Это интересные предложения, но они пока что

---

<sup>16</sup> Паркер Ф.Л., Рыбальченко А.И., Величкин В.И. и др. Анализ долговременных последствий глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов на горно-химическом комбинате, Красноярский край: 1.Основной сценарий // Геология рудных месторождений. - 1999, т. 41, № 6. - С. 467-484.

<sup>17</sup> Паркер Ф.Л., Рыбальченко А.И., Величкин В.И. и др. Анализ долговременных последствий глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов на горно-химическом комбинате, Красноярский край: 11.Гипотетические сценарии // Геология рудных месторождений. - 2000, т. 42, № 2. - С. 122-140.

<sup>18</sup> Ильин А.В. Проблемы геоэкологии: о захоронении радиоактивных отходов на дне океана // Инженерная экология. – 2000. №5 - С. 20-28.

находятся в стадии обсуждения и касаются только токсичных отходов в твёрдом (отверждённом) состоянии, транспортировка которых к местам захоронения, в принципе, технически выполнима.

В последнее время прошёл ряд совещаний [Саратов, 1994, 2001 гг.] и Международных конференций [Москва, 2002, 2003 гг.], на которых вопросам захоронению промышленных отходов в литосфере посвящалась работа специальных секций (г. Москва) или целиком все совещание (Саратов).

Необходимо подчеркнуть, что по широте и важности информации, касающихся рассматриваемых вопросов, такого внимания раньше не было.

В это же время, начинают разрабатываться и нормативные документы для ряда отраслей промышленности (газодобывающей). Например, «Гидрогеоэкологический контроль на полигонах закачки промышленных сточных вод» [106]. Такие работы вносят существенный вклад, как в методическую, так и в нормативную базы при проектировании ППЗП.

Как показывает анализ опубликованных материалов, становится очевидным: изучение направленности и интенсивности неотектонических и современных движений, является определяющим при выборе экологически безопасных территорий для строительства ППЗ промотходов [162, 235, 114, 105, 276, 277].

В 2004 г. Г.А.Гаевым в соавторстве с В.Г.Гацковым сделана попытка создания модели уязвимости геологической среды Предуралья и Урала по отношению к геотехнологическим источникам загрязнения и на её основе провести районирование территории по степени надёжности складирования в недрах токсичных отходов. По их мнению, степень надёжности растёт с увеличением экранирующей способности нефтегазоупоров и мощности осадочного чехла от районов гидрогеологически полузакрытых к закрытым и хорошо закрытым <sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Гаев А.Я., Гацков В.Г. Характеристика глубоких горизонтов земной коры: Межвуз. Сб.научн. тр./ Перм. Ун-т. – Пермь, 2004. Вып. 15. – С.129-140.

Анализ решения вопросов связанных с опытом проведённых работ, показывает на необходимость учёта неотектоники и при региональном районирования территорий по условиям подземного захоронения токсичных отходов. Это подтверждают и уже выполненные работы [221, 222, 309, 7, 235 и др.] позволяющих на первоначальном этапе изучения проводить предварительную региональную оценку территорий.

### Прогноз движения промстоков в трещиноватых коллекторах

Правильное определение направления движения закачиваемых промстоков является одной из основных и сложнейших задач. Известно, что направление их движения определяется типом порового пространства, характером трещиноватости и её ориентировкой<sup>19</sup>.

Теоретическим обоснованием движения вод в трещиноватых породах занимались многие исследователи: В.Д.Бабушкин, Н.И.Плотников, В.М.Чуйко, В.Д. Бейкер [1951 г.], И.Ф.Володько, И.Е.Жернов, В.М.Шестаков [301,104], Н.Б.Иванов, Г.Д.Кноринг, Г.М.Ломизе, А.Е.Синяк, П.Я.Смульский, С.Н.Чернышёв, М.В.Рац, Е.С.Ромм [1966 г.]<sup>19</sup> и многие другие.

Для прогноза движения захораниваемых промстоков, в начале 60-х годов Н.И.Плотников<sup>20</sup> отметил: в трещиноватых коллекторах, в большинстве случаев, практически невозможно осуществлять наблюдение за их продвижением. Позже появились публикации, в которых этот вопрос рассматривался более подробно [107, 200, 201, 293].

Не останавливаясь на всех аспектах этой проблемы, рассмотрим только два фактора, определяющих направление движения промстоков в карбонатных коллекторах: 1. влияние карстовых зон; 2. влияние трещиноватости (или в целом характер порового пространства).

<sup>19</sup>Ромм Е.С. Фильтрационные свойства трещиноватых горных пород. - М.: Недра, 1966.-283 с.

<sup>20</sup> Плотников Н. И. К вопросу о захоронении вредных промышленных стоков в глубокие горизонты земной коры: Сб.: «Вопросы формирования химического состава подземных вод». - М.: МГУ, 1963. - С. 164-191.

Первый, детально изучен М.С. Орловым с соавторами [200, 201]. На основе построения фильтрационных схем, характеризующих качественные и количественные показатели движения подземных вод, получены доказательства определяющего влияния палеокарстовых зон, имеющих линейное направление и повторяют направление долин палеорек.

Большое внимание уделяется наблюдению за распространением промстоков в недрах при эксплуатации ППЗ. Контроль за состоянием недр включает три вида наблюдений: гидродинамический, гидрохимический и геофизический. [105]. Авторы монографии считают, что гидродинамический контроль даёт возможность определять общую тенденцию распространения отходов и выявлять взаимосвязь между горизонтами задолго до появления стоков в контролируемых скважинах (с.317). Высказанное положение верно по своей сути и не вызывает сомнений. Остаётся лишь правильно определить месторасположение наблюдательных скважин. А эта задача для трещиноватых коллекторов сложна. Авторы указывают, что контур наблюдательных скважин должен располагаться таким образом, чтобы отходы находились в его пределах (с.318). Каким же может быть контур распространения промстоков? Это зависит от многих факторов, в том числе, и от ориентировки трещиноватости.

Показательна, в этой связи, история, приводимая авторами, с распространением промстоков на опытно-промышленном полигоне захоронения РАО института НИИАР (г. Димитровград). При осуществлении захоронения в карбонатные коллектора яснополянского водоносного комплекса, контур распространения промстоков, первоначально предполагался, как это было принято, концентрической формы. Но в процессе опытно-промышленного нагнетания, отходы распространялись в пласте узким «языком» в запад-юго-западном направлении. Длина его в 1971 году (за 5 лет) превысила 4000 м, при прогнозном радиусе концентрического растекания за 25 лет - 3000 м. Дополнительный анализ структурных и литолого-фильтрационных характеристик пласта-коллектора, показал, что там присутствует валообразное поднятие, ось которого практически совпадает с осью «языка» отходов.

Таким образом, при изучении движения промстоков в трещиноватых коллекторах, причина линейной «языковой» направленности движения связывается только с палеоструктурным или палеокарстовым факторами. В обоих примерах, не рассматривается возможность присутствия трещиноватости, сформированной в неотектонический этап геологической истории, а это - Поволжье. В его пределах, как показали выполненные исследования, неотектонический этап характеризуется интенсивным проявлением разнонаправленных движений приведших к формированию новейших структур, а также развитием трещиноватости и мегатрещиноватости.

Важный вклад в развитие теории движения промстоков и гидрогеологического обоснования латерального и вертикального массопереноса в пределах ППЗП сделан В.М.Шестаковым [301, 302]

На примере нескольких ППЗП нами рассмотрены возможные варианты распространения промстоков, в коллекторах с блоково-трещинным типом порового пространства, сформированного в неотектонический этап развития территории (главы 5, 6, 7, 8, 9).

Задача определения степени тектонической раскрытости антиклинальных структур, используемых в качестве резервуаров для подземного захоронения промстоков и подземных хранилищ газа, является важнейшим элементом прогнозирования безопасности и эффективности работы этих сооружений.

Еще А.П.Карпинским в 1894 г. было высказано важное положение для понимания платформенной трещиноватости, суть которого состоит в том, что трещиноватость развивается параллельно простиранию оси складки и перпендикулярно к ориентировке наибольших растягивающих напряжений.

Е.П.Пермяковым [206] на основе изучения трещиноватости пород Русской платформы установлены эмпирические закономерности взаимосвязи платформенной трещиноватости с тектоническим строением конкретного района, позволяющее вычислять по ориентировке трещин и их густоте основные характеристики и размеры отдельных элементов структур.

Возможность вычислительным путем получать по данным трещиноватости представление о пространственной форме структуры позволяет, исходя из данных, отраженных на структурной карте, получать представление о направлении и интенсивности основной и диагональной трещиноватости в районе складки.

Предварительная оценка распределения напряжений в пределах антиклинальных структур может быть достигнута на основе анализа густоты и пространственного расположения линеаментов различного ранга, представленных спрямленными участками гидросети и водоразделов, развитых в пределах антиклинали. Установление зон сжатия и растяжения определяется исходя из данных структурных карт по опорным горизонтам с использованием “способа обратных расчетов”, разработанным Е.П.Пермяковым [206]. Эмпирические формулы Е.П.Пермякова реализованы нами при проведении расчетов зон трещиноватости в пределах семи ППЗП.

Полученные данные по всем семи объектам, позволяют предполагать наличие в контурах антиклиналей двух основных зон растяжения, зафиксированных линеаментами, имеющих простирания  $10^{\circ}$ - $25^{\circ}$ :  $80^{\circ}$ - $100^{\circ}$ .

Есть основание предполагать, что в условиях скальных и полускальных коллекторов, фильтрационный поток в значительной степени определяется наличием развитых в них трещин и каверн, т.е. контролируется параметрами эллипсоида напряжений.

В работе приведены полные расчёты на основании эллиптического распространения промстоков для двух ППЗП: Степновский (рис.8.6.-1.) и Песчано-Уметский (глава 6). Для Соколовогорского, Гусёлского, Лимано-Грачёвского и Смородинского ППЗП такой же расчёт выполнен на основе математического моделирования с помощью ПК IRAP RSM компании ROXAR. Геологическая модели была построена с учётом их неотектонической истории. Что и предопределило получение эллиптической формы распространения промстоков (рис. 9.1.7.-6. и 9.1.7.-7.)



### 1.3. Состояние изученности Саратовской области по вопросу захоронения промстоков в глубокие водоносные горизонты

В Саратовской области работают предприятия нефтегазодобывающей и перерабатывающей отраслей, химической индустрии, атомной энергетики, при работе которых образуются огромные объемы токсичных промстоков. Часть подвергается очистке, другая накапливается в шламонакопителях или хранится на территории предприятий. Основные объемы промстоков поступают от нефтяной и газовой промышленности (разработка месторождений УВ, создание ПХГ, переработка нефти и т.д.) [70].

Исследования по этой проблеме проводили проектные и научно-исследовательские организации г. Саратова (ВНИПИгаздобыча), г. Волгограда (НИПИнефть), г. Москвы (ГПП «Гидроспецгеология», ВСЕГИНГЕО).

Ведущей организацией г. Саратова занимающейся с 60-х годов проектированием ППЗП газовой промышленности является институт ВНИПИгаздобыча. География размещения объектов его разработок весьма обширна. Составлены проекты на сооружение полигонов захоронения в Западной и Восточной Сибири, Узбекистане, Ставрополье, Афганистане, Башкирии и т.д. В Саратовской области по его проектам работают 3 полигона на ПХГ: Степновском, Елшано-Курдюмском и Песчано-Умётском, выполнены проектные работы на Таловском и Александрово-Гайском ПХГ.

Захоронение промстоков впервые стала проводиться на Соколовогорском нефтяном месторождении (г.Саратов). В 1956 г. была начата закачка пресных вод для поддержания пластового давления: через три нагнетательные скважины в течение года было закачено 155,9 тыс. м<sup>3</sup> воды. В последующие годы ее количество возрастает до 300-700 тыс. м<sup>3</sup>. Далее захоранивались подтоварные воды, добываемых с нефтью.

В начале 60-х годов в стране начались исследования по региональной оценке территории с целью возможного захоронения промстоков в глубокие

водоносные горизонты. Организации Мингео СССР большое внимание уделяли картосоставительским работам, охватывающих и Саратовскую область.

В конце 60-х годов С. А. Модин и Н. В. Тарасова в пределах Волго-Уральской антеклизы к наиболее перспективным для целей захоронения промстоков отнесли зоны поглощения, приуроченные к карбонатным породам палеозоя. Они высказали предположение: природа зон поглощения типично карстовая, а их неоднородность определяется лишь степенью развития карста и, что основным критерием при оценке территории должна быть степень защищенности глубоких водоносных горизонтов от зоны пресных вод [183,184]

На территорию СССР в 1969 г составлена «Прогнозная карта гидрогеологических условий захоронения промышленных сточных вод в глубокие водоносные комплексы» масштаба 1:2 500 000 [218]. Территория Урало–Поволжья отнесена к категории перспективных регионов с точки зрения возможности захоронения промстоков. По зонам 1<sub>18</sub> – (Волго-Уральская антеклиза) 1<sub>20</sub> – (Саратовские и Доно-медведицкиедислокации), куда входит Саратовская область, был рекомендован водоносный комплекс, приуроченный к известнякам, доломитам и песчаникам С<sub>2</sub> – С<sub>3</sub> (башкирско-окский), а также бобриковско-евлано-ливленский С<sub>1</sub>-Д<sub>3</sub>.

В связи с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 13 марта 1972 года №77 «О мерах по предотвращению загрязнения бассейнов рек Волги и Урала неочищенными сточными водами» специалистами 2ГГУ (г. Москва) дана более детальная характеристика гидрогеологических условий бассейнов рек Волги и Урала. Была составлена и издана в 1976 году карта гидрогеологических условий захоронения промышленных стоков предприятий, расположенных в бассейнах этих рек [137].

В 1976-77 годах для ПО «Нитрон» г. Саратов Б. Л. Болтрушевичем [21] проведена оценка возможности захоронения его токсичных промстоков. Работы начались по рекомендации Н. В. Тарасовой с соавторами, которые считали, что в качестве возможных коллекторов можно использовать водоносный комплекс в карбонатных отложениях турнейского С<sub>1</sub> - фаменского Д<sub>3</sub> ярусов [260].

Участок располагался на правом берегу р. Волги с радиусом 25 км от завода «Нитрон». Предполагалось исследовать интервал глубин 1700-2200 метров. Была пробурена скважина, которая из-за аварии была остановлена на гл.1530 м и была испытана призабойная часть, в которой зон поглощения не установлено.

В 1986 году 2ГГУ (г. Москва) был проведён анализ работ по объекту ПО «Нитрон» был сделан вывод: геологическое задание не выполнено; вывод о перспективности исследуемого участка для захоронения промстоков недостаточно обоснован [130].

В 1990 году на территорию Среднего и Нижнего Поволжья коллективом НИИ геологии и геологического факультета Саратовского госуниверситета, при участии автора, была составлена карта районирования по условиям захоронения промстоков в карбонатные коллектора палеозоя и галогенные породы пермского возраста, масштаба 1:1 000 000 [7]. При районировании, наряду с общепринятыми критериями, учитывался и неотектонический. Движения этого времени часто сопровождалась перестройкой древних структур, образованием локальных тектонических нарушений, которые могли приводить к нарушению герметичности водоупорных толщ.

Использование комплекса показателей, которые включали наряду с общепринятыми, такие как характер поглощения бурового раствора в скважинах, показатели трещиноватости и мегатрещиноватости, амплитуд новейших движений и их направленности, позволили более обоснованно прогнозировать свойства резервуаров, используемых для захоронения промстоков в региональном плане [9, 55, 76, 221]. Значимая корреляция этих критериев дала возможность оценивать коллектора на территориях, не изученных с помощью бурения.

На карте в окрестностях Саратовского промузла были выделены территории перспективные для проведения картосоставительских работ более крупного масштаба (1:100 000). Эти работы могут соответствовать II стадии,

рекомендуемой Ю.С. Татарчуком и Ю.К. Шипулиным, при изучении геологических формаций с целью глубинного размещения в них промстоков<sup>21</sup>.

В 1993-95 г.г. по Федеральной программе «Экологическая безопасность России» для территории Саратовского промузла и прилегающих районов, впервые была составлена карта районирования по условиям захоронения промстоков масштаба 1:100 000 [47, 48, 49, 50, 67, 71].

При оценке экологической безопасности одного из действующих ППЗП (Песчано-Умётское), впервые были использованы минералы гидротермального генезиса: киноварь, барит, самородные свинец, цинк и др., для доказательства вероятной проницаемости разрывных нарушений, установленных с помощью морфометрического метода и дешифрирования аэрофотоснимков [60, 61, 62, 63]. Метод шлихового опробования овражно-балочного аллювия, по информативности является аналогом газо-метрической (углеводородной, гелиевой) съёмок, рекомендуемой для определения проницаемости разрывных нарушений Л. С. Кравченко<sup>22</sup>, Б. В. Графским с соавторами<sup>23</sup>, И.Н. Яницким<sup>24</sup> и другими исследователями [214].

В 1995 году в Саратовской области начались работы, связанные с уничтожением химического оружия (р.п. Горный) и хранения высокотоксичных продуктов, получаемых при этом. Специалисты различных ведомств, в том числе и геологических организаций: Волгогеолкома, НВ НИИГГ и НИИГ СГУ, были привлечены к проработке вопросов по выбору методов захоронения и определения, безопасных для этих целей территорий.

По заключению комиссии, созданной в 1995 г постановлением Администрации Саратовской области, наиболее оптимальным был признан

---

<sup>21</sup>Татарчук Ю. С., Шипулин Ю. К. Исследование геологических формаций с целью глубинного размещения в них токсичных промышленных отходов // Инженерная геология. - 1992. №2. - С.89-97.

<sup>22</sup> Кравченко Л. С. Выделение зон, благоприятных для захоронения промстоков на основе изучения газового поля приповерхностных отложений // В кн. «Проблемы подземного захоронения промстоков». Саратов: ГосУНЦ Колледж, 2000. - С. 28-31

<sup>23</sup> Графский Б. В., Егоров Н. Н., Швец В. М. Гелиеметрические исследования для целей гидрогеологии // Гидрогеология и инженерная гидрогеология: Обз.ВИЭМС. М.: - 1985.- 53 с.

<sup>24</sup> Яницкий И. Н. Гелиевая съёмка - М.: Недра, 1979. - 365 с.

метод захоронения продуктов УХО в соляных массивах на глубине  $> 3$  км. Также были даны рекомендации по выбору безопасных мест размещения ПЗ отходов УХО на территории Саратовской области (глава 10), [65, 72, 188, 189,190]. В настоящее время реализуется наземный метод хранения и переработки продуктов УХО.

Последние четыре года характеризуются интенсивным развитием работ по проектированию ПЗП и обоснованию их экологической безопасности. Автор участвовал в исследованиях по шести из них, материалы по которым с различной полнотой изложены в настоящей работе.

Таким образом, проблема захоронения промстоков и твёрдых токсичных отходов УХО, с безусловным обеспечением экологической безопасности полигонов захоронения, остаётся актуальной для Саратовской области.

## Глава 2. МЕТОДИКА РАБОТ

В работе рассматривается следующий круг вопросов:

1. районирование территорий в масштабах 1:1 000 000 и 1: 100 000;
2. оценка экологической безопасности восьми ППЗП: «Волжский Оргсинтез», Песчано-Умётское, Елшано-Курдюмское, Степновское и другие.
3. прогноз распространения промстоков в трещиноватых карбонатных и терригенных коллекторах;
4. возможность использования галогенных формаций в качестве среды для строительства ПЗ для отходов - УХО и продуктов переработки реакционных масс;
5. применение различных методов обработки (морфометрический и другие);
6. привлечение с использованием современной аналитической базы минералогических данных, для диагностики неотектонических движений и вероятной проницаемости разрывных нарушений;
7. моделирование физико-химических процессов взаимодействия промстоков с водами и коллекторами (ПК «Селектор»), гидродинамическое моделирование (ПК IRAP RSM компании ROXAR) движения сточных вод.

Поэтому целесообразнее, в каждой главе, давать применяемую методику.

Ранее установлено, что некоторые минералы можно использовать для фиксации неотектонических движений, которые в свою очередь создают коллектора, используемые для захоронения промстоков и одновременно ухудшают изоляционные свойства глинистых покрышек за счёт тектонических нарушений.

Захоронение промстоков в недра представляет собой решение сложной, многоплановой задачи, которая включает в себя изучение большого объёма геологической информации, проведения районирования и выделение на этой основе, территорий пригодных для строительства ППЗП.

Исследования по оценке территории в масштабе 1:1 000 000 проводились в пределах Волгоградской, Саратовской, Самарской, Пензенской, части

Астраханской областей и на ключевых участках (Фроловский, Жирновский, Пугачёвский, Жигулёвский, и т.д.). Они были выбраны в пределах выходов на поверхность палеозойских карбонатных пород, приуроченных к положительным новейшим структурам.

В целом работы с целью районирования, включали в себя следующие виды исследований: I – сбор и анализ фактического материала; II - полевые работы;

III – региональная оценка и районирование территории с точки зрения условий захоронения промстоков;

### 2.1. Сбор и анализ фактического материала

Поисковые и разведочные работы на нефть и газ в Поволжье начались в довоенное время и затем получили дальнейшее развитие. Были пробурены десятки тысяч скважин, получен огромный фактический материал, который использовался для обеспечения прироста запасов УВ.

Основной объём исследований был связан с изучением продуктивных зон, которые занимают незначительную часть природных резервуаров. Встреча высокочемких и высокопроницаемых интервалов рассматривались как неблагоприятное событие, которое осложняет технологию проходки. Данные об условиях проходки скважин, характеристика интервалов провалов бурового инструмента и поглощений промывочной жидкости по делам нескольких тысяч скважин, был любезно предоставлен в наше распоряжение сотрудниками ПО «Куйбышевнефть», «Саратовнефтегаз» и «Нижневожскнефть». Они стали для нас важнейшей информацией. Учёт и привязка высокопроницаемых зон к определённым тектоническим зонам и интервалам разреза позволили полнее изучить карбонатные резервуары палеозоя.

Масштабные исследования ёмкостных свойств резервуаров проведены институтами ВолгоградНИПИнефть, НВ НИИГГ (г.Саратов) и ВОИГиРГИ (г.Куйбышев). В их трудах представлены материалы по литологии, пористости

и проницаемости пород – коллекторов. Если пористость, полученная по керновым определениям и геофизическим методам, в целом соответствует фактической пористости пород, то проницаемость, определённая по керну, как правило, не соответствует фактической. Расхождение может достигать нескольких порядков. Надёжным методом определения проницаемости являются гидродинамические исследования: испытания скважин, гидропрослушивание и различные виды опытно-фильтрационных работ. Изучение зон поглощений явилось незаменимым методом для региональной оценки фильтрационных свойств коллекторов, с учётом результатов предыдущих формационных и литологических исследований.

## 2.2. Полевые работы.

На участках выходов палеозойских пород проведены исследования, включающие массовые замеры трещиноватости, а также визуальное изучение карстовых форм и характера их заполнения.

Формирование возрожденного карста, являющегося, как правило, палеокарстом раннего мезозоя, происходило в результате выхода на поверхность карбонатных пород в неотектонический этап. Поэтому стало возможным изучить зоны поглощений, которые обычно залегают на глубине.

### 2.2.1. Изучение трещиноватости

Изучение трещиноватости заключалось в исследованиях разрезов палеозойских пород: описание, массовый замер трещиноватости – азимутов простирания и направления, углов падения, длины и ширины трещин. За 1987-89 гг. в 28 карьерах по шести ключевым участкам проведено 10287 замеров. Затем строились гистограммы и розы-диаграммы трещиноватости, диаграммы зависимости углов падения и азимутов направления, бинарные диаграммы зависимости длины и азимутов простираний.



Полученный материал характеризует трещиноватость как в пределах отдельных участков, так и в целом по региону и позволяет сделать выводы по происхождению, условиям образования и приуроченности тех или иных систем трещин к тектоническим структурам.

### 2.2.2. Изучение мегатрещиноватости.

Мегатрещины измеряются: длина (линейкой), ориентировка (транспортиром), плотность (количество на единицу площади). Результаты синтезировались в розах-диаграммах и картах плотности мегатрещиноватости.

При построении карт территория разбивается на равные участки. В каждом из них определяется суммарная длина мегатрещин, полученные числа (условные единицы) относятся к центру участка и, соединяются изолиниями. Из-за низкой степени детальности на таких картах нивелируются особенности распределения плотности мегатрещин в пределах структуры и, в целом, участки положительных структур характеризуются повышенной плотностью мегатрещиноватости. Поэтому при размере элементарного квадрата (3,5 x 3,5 см), в масштабе 1:1 000 000, локальные структуры вырисовываются редко, но хорошо оконтуриваются крупные структуры в виде полей повышенной плотности (в усл. ед.).

При анализе этих карт обращают на себя внимание резкие различия плотности её отдельных частей. Кроме тектонических причин эти различия вызваны также меньшей толщиной отложений, различиями в литологии, физико-географическими и инженерно-геологическими условиями.

Таким образом, фон, из которого необходимо извлечь аномалии плотности, связанные со структурами, обусловлен многочисленными причинами и имеет переменные значения на различных участках (география, литология).

Избавиться от фона, вызванного как тектоническими причинами, а также от случайных колебаний плотности, позволяет способ «скользящего окна» и

последующие усреднения полученных данных.

Карты, построенные способом «скользящего окна», показывают те же закономерности распределения плотности мегатрещиноватости, которые были получены при изучении тектонической трещиноватости. После проведения этих операций была построена карта суммарной плотности мегатрещиноватости региона [9].

В дополнение к методике ВНИГРИ, построены карты плотностей мегатрещиноватости по  $30^0$  интервалам отдельных направлений. Это позволило вычлени из суммарной плотности характеристики структур II и III порядков и зоны разрывных нарушений.

### 2.3. Региональная оценка и районирование территории с точки зрения условий захоронения промстоков.

Методика работ включает:

1. Изучение новейшей структуры региона с целью выделения высоко и низко амплитудных поднятий, опусканий, разломов и разрывных нарушений.
2. Изучение трещиноватости пород коллекторов и покрышек.
3. Изучение мегатрещиноватости, построение карт суммарной плотности и плотности мегатрещиноватости по отдельным направлениям.
4. Корреляция данных по новейшей тектонике, трещиноватости и мегатрещиноватости. Привязка зон повышенной трещиноватости и аномальной плотности мегатрещиноватости к структурам. Анализ карты новейшей тектоники, распределение зон плотности трещин и мегатрещин, возрастной и поэтапный анализ новейших структур по данным мегатрещиноватости.
5. Изучение связей между новейшей структурой, трещиноватостью, мегатрещиноватостью и зонами поглощений, гидрохимическими и гидродинамическими аномалиями, распределением месторождений УВ.
6. Районирование по условиям закачки промстоков с позиций новейшей тектоники. Выделение зон и участков, благоприятных и неблагоприятных.

## **Часть 11. Районирование территорий по условиям захоронения промотходов.**

### **Глава 3. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПО УСЛОВИЯМ ЗАХОРОНЕНИЯ ПРОМСТОКОВ (м-б 1:1 000 000).**

#### 3.1. Принципы районирования.

Вначале (1986-87гг.) проанализирован накопленный опыт регионального районирования территорий по условиям захоронения промстоков: 1.Карта, составленная специалистами 2ГГУ МингеоСССР и ВСЕГИНГЕО (г. Москва) [253], 2.Б.Е.Антыпко [1969г], 3.С.А.Модин [1969г.], 4.К.Е.Питьёва и др.[1972г.].

Анализ материалов показал, что районирование территории, проводилось на основании изучения тектоники, гидрогеологических особенностей разреза, литологического состава и свойств (приёмистости, пористости) коллекторов, степени их изолированности. После анализа литературных данных и фактического материала была предложена усовершенствованная методика районирования, в масштабе 1: 1 000 000 [9]. Она включает:

1. Отсутствие или наличие коллекторов пригодных для захоронения промстоков и свойства.
2. Наличие перекрывающих коллектора покрышек.
3. Гидрогеологические свойства разреза (гидродинамика, гидрохимия).
4. Присутствие (отсутствие) полезных ископаемых.
5. Техничко-экономические показатели (глубины залегания коллекторов, приёмистость скважин, внутрипластовые давления и т.д.).
6. Изучение новейшей тектоники, трещиноватости и мегатрещиноватости региона и на их основе определение вероятной степени нарушенности водоупоров.

На основании выполненных исследований выделены территории:

1. Благоприятные.
2. Условно благоприятные.
3. Условно неблагоприятные.
4. Неблагоприятные.
5. Отсутствия коллекторов.
6. С

невыясненными условиями.

Как показал ранний опыт изучения некоторых территорий на стадии выбора площадок для ППЗП (г. Волжский, г. Саратов), неотектонический фактор не учитывался. В результате получены не достаточно обоснованные выводы об экологической безопасности проектируемых ППЗП.

В 1981 г. коллективом авторов СГУ им. Н.Г.Чернышевского и НИИ Геологии СГУ издана «Карта новейшей тектоники Среднего и Нижнего Поволжья» в масштабе 1:500 000. Она отразила очень сложную новейшую структуру региона [136]. Опубликованные материалы по распространению и приуроченности зон поглощения, гидрохимическим и гидродинамическим аномалиям, зонам разгрузки вод, участков повышенной трещиноватости, подтвердили связь между ними и структурами региона, сформировавшихся в новейший геологический этап истории [14, 289].

При изучении карбонатных коллекторов палеозоя Поволжья (раздел 3.3), проведён анализ связи неотектонической и гидрогеологических характеристик разреза, изучена их трещиноватость, проанализирована связь между трещиноватостью и мегатрещиноватостью, приуроченность современных долин и палеодолин к новейшим структурам (раздел 3.4).

Полученные результаты показали важность оценки неотектонической истории, трещиноватости пород коллекторов и покрышек в качестве дополнительных критериев при региональном районировании территории.

В этой связи, с учётом геологического строения и гидрогеологических условий к **неблагоприятным**, в случае наличия коллекторов, предлагается относить следующие участки:

1. Высоко амплитудные (более +500 м) положительные новейшие структуры и структурные зоны.
2. Зоны, приуроченные к региональным разломам и разрывным нарушениям, флексурам, бортовым уступам, выявленных по геолого-геофизическим признакам, в том числе и по морфометрическим показателям.
3. Зоны аномально высоких пластовых давлений.

**К условно неблагоприятным** (также в случае наличия коллекторов):

1. Средне амплитудные (от +250 до +500 м) новейшие положительные структуры и структурные зоны, территориально тяготеющие к высоко амплитудным зонам.

2. Зоны повышенной трещиноватости и мегатрещиноватости, оконтуривающие локальные структуры.

3. Участки, приуроченные к речным долинам высоких порядков, имеющим древний (неогеновый) возраст заложения, дренирующим водоносные горизонты на глубину до 800 и более метров [154].

В качестве **благоприятных и условно благоприятных**, выделены участки с амплитудами новейших движений  $< 200-250$  м. Они совпадают с отрицательными структурами: депрессиями и впадинами, с мощным чехлом Mz-Kz отложений, отличающихся слабой трещиноватостью, имеющие коллектора, перекрытые региональными водоупорами.

Участки **отсутствия коллекторов**, территория восточной части Воронежской антеклизы, выделены в отдельную группу. Это касается и территорий с **невыясненными условиями**. Ко времени создания карты районирования [7] к таковой была отнесена территория Пензенской области. Однако, к северо-востоку от г. Пензы в отложениях девона (старооскольский горизонт) были установлены коллектора на глубинах 1200-1400 м, успешно используемых для захоронения промстоков Пензенского приборостроительного завода (устное сообщение А.И.Рыбальченко).

3.1.1. Основные понятия, термины, используемые в работе.

*Новейшая тектоника.* Применяя термин, автор основывается на представлениях С.С.Шульца [304, 305] и Н.И.Николаева [191, 192], «...тектонические процессы, которыми создан в основных чертах современный рельеф» (с.348). С.С.Шульц: «возраст структурной формы, как правило, является более древним, чем возраст созданной в результате её развития формы

рельефа. Последний этап развития структуры, связанный с образованием современного рельефа, относится к понятию новейшей тектоники» (с.349).

В регионе, в после позднеолигоценовое время, начались поднятия, которые продолжаются на ряде структур и в настоящее время. Общий денудационный срез отложений, начиная со  $J_2$ , толщина которых от 800 до 900 м (см. рис.3.3.1.1.- 4.), даёт основание считать амплитуду поднятий в неотектонический этап ряда структур свыше 800 метров [93].

*Современные движения*, входят в понятие новейшей тектоники, хотя и не исчерпывают его [305]. По времени они охватывают *позднеплейстоценоголоценовый* исторический этап. Применение точных геодезических данных (повторных нивелировок, спутниковые наблюдения и т.д.) и геоморфологических методов, позволяют охарактеризовать эти тектонические процессы количественно. См. раздел 5.2.3. и рис. 6.4.1.-10.

*Линеамент.* В начале XX века среди геологов [В.Хоббс, И.Д.Мушкетов и др.] начало складываться представление о линеаментах как линиях длительно существующих разломов земной коры, определяющих основные направления складчатости геологических структур, сеймотектонических дислокаций, контуров материков и океанов и т.д. Этим было положено начало представлениям о линеаментной тектонике и параллельно о планетарной трещиноватости [И.Д.Муди, М.Л.Хилл, С.С.Шульц, И.И.Чебаненко и др.], её выраженности в современном рельефе и, в частности, в рисунке речной сети и водоразделов [В.П.Философов, Хортон и др.].

В настоящее время с достаточной уверенностью можно говорить о том, что линеаменты представляют собой уникальные геолого-геоморфологические объекты, отражающие на земной поверхности глубинные неоднородности, проявляющиеся строении современного рельефа, трассирующие зоны повышенной нарушенности, деформированности или раздробленности земной коры, могут отражать и подводящие каналы различных флюидов и растворов. Следовательно, они могут быть играть существенную роль при оценке герметичности ПХГ и ППЗП.

Процесс интерпретации линеаментов и их систем тесно связан с процессом поиска и выделения собственно линеаментов. Важнейшим результатом линеаментного анализа является исследование связей геологических процессов с трещинно - ослабленными зонами.

Повсеместно присутствующими на земной поверхности элементами рельефа, являются долины и водоразделы, образующие закономерно ориентированный рисунок, позволяющий в совокупности с топографическими параметрами, осуществлять морфометрическое изучение рельефа.

Главной целью и достижением этих исследований на протяжении последних 50-60 лет является установление закономерностей, связывающих строение современного и древнего рельефов с особенностями тектонической структуры литосферы в целом и верхних горизонтов земной коры.

*Трещина* – разрыв сплошности горной породы, смещения по которому отсутствуют или имеют незначительную амплитуду.

*Блок* - область земной коры, имеющая общие средние физические характеристики по всем её не слишком малым подобластям и отделённая от других блоков этого же структурно-иерархического уровня граничными областями (трещинами).<sup>6</sup>

*Разрывное нарушение* – (дизъюнктивная дислокация) – разрыв сплошности горной породы со смещением разорванных частей друг относительно друга.

*Зона тектонического дробления* может рассматриваться как следствие дизъюнктивных дислокаций<sup>7</sup>.

*Межблоково-проницаемый* (МПТ) и *блоково-проницаемый* (БПТ) типы коллекторов, классификация их типов разработана на основе результатов изучения карбонатных пород Пермской области<sup>8,9</sup>. Приведённые термины

<sup>6</sup> Сардаров С.С. Структуры в геотермальных системах. - М.: Наука, 1989. – 38 с.

<sup>7</sup> Косыгин Ю.А. Тектоника нефтегазоносных областей - М.: Гостоптехиздат, Т.1.1958. -106 с.

<sup>8</sup> Денк С.О. Ёмкостные свойства карбонатных трещинных коллекторов нефти и газа Пермского Предуралья // Нефтяное хозяйство. – 1998. №4. - С.5 -7.

<sup>9</sup> Денк С.О. Проблемы трещиноватых продуктивных объектов. – Пермь: Электронные издательские системы, 2004. - 334с.

интересны с позиций формирования вертикально ориентированных зон, по которым возможна миграция промстоков, тем более что такие трещины обнаружены в карбонатных породах (см. раздел 3.3.1.1.).

### 3.2. Геологическое строение и гидрогеологические условия региона.

#### 3.2.1. Тектоника и геология.

Тектоническое строение территории определяется её положением в пределах Восточно-Европейской докембрийской и эпигерцинской Предкавказской платформ (см. рис.3.2.1.-1.) Наличие разновозрастного фундамента определило разнообразный характер разреза, различных тектонических элементов. Наиболее общие отличия заключаются в преимущественно терригенном характере разреза южных районов (эпигерцинская платформа), карбонатно-терригенном для северо-западного и западного обрамления Прикаспийской впадины и терригенно-соленосно-карбонатном для её западной части. Для региона диапазон изменения толщины осадочного чехла от 300 м на северо-западе, до 10-12 и > км во внутренней зоне Прикаспийской впадины и широкий стратиграфических разрез - от  $Pz_1$  до  $Q_{IV}$  отложений.

Литолого-фациальная характеристика пород большинства стратиграфических подразделений палеозоя и мезозоя по площади в основном сохраняется постоянной для каждого тектонического элемента 1 порядка.

В осадочной толще выделяется пять структурных этажей, отличающихся друг от друга по своим характеристикам, а, следовательно, и по характеру и направленности тектонических движений, происходивших в различные геологические эпохи: рифейский, девонский, позднепалеозойский, мезозойско-палеогеновый и неогеново-четвертичный.

**Девонский структурный этаж** представлен в нижней части терригенными, в верхней - карбонатными породами, толщина отложений



изменяется от 200 до 1800-1900 м. Структурный план девонских отложений резко расчленен, что является свидетельством высокой интенсивности тектонических движений в позднедевонское время на территории Поволжья. К концу до девонского времени тектоническая активность региона постепенно угасала, его крупные элементы структурного плана оказались погребенными под мощной толщей осадков карбона и перми, залегающих моноклиально.

В конце палеозоя происходит подъём территории, сопровождающийся длительным и глубоким размывом, в результате которого из разреза полностью или частично выпадают крупные стратиграфические подразделения верхнего палеозоя и нижнего мезозоя. Толщина, оставшихся от размыва пород перми и карбона, изменяется от 100 до 1500-200 м., нарастая по мере приближения к бортовому уступу Прикаспийской впадины.

Песчано-глинистые мезозойские породы, начиная со среднеюрских, ложатся на выровненную поверхность размыва с большим угловым несогласием. Толщина их от 0 до 900-1000 м., также нарастая в сторону Прикаспийской впадины.

В предакчагыльскую фазу тектогенеза первоначально слабо расчлененный план отложений карбона и мезозоя резко осложняется наложением ряда флексур и структурных блоков. Вновь образовавшиеся структурные элементы находятся в сложных взаимоотношениях геотектонической унаследованности со структурными формами девонского плана. В этом случае морфология структур в девонских и мезозойских отложениях в основных чертах совпадает. Такие структурные элементы названы отраженными, как, например, многие структуры Степновского вала и Карамышской депрессии.

В других случаях направленность тектонических движений меняется на обратную, при этом образуются инверсионные структуры. Инверсионными являются большинство структур Доно-Медведицкого вала, Елшано-Сергиевской флексуры, Саратовских дислокаций, Бузулукской впадины.

Некоторые структурные элементы впервые возникли в предакчагыльскую

фазу тектогенеза и наложились на региональные фоны всех этажей осадочного чехла. Они получили название наложенных. Структурные элементы, не получившие отражения в плане вышележащих толщ, являются погребёнными и развиты в пределах Степновского вала, Карамышской депрессии.

Распространенные явления геотектонической унаследованности и морфология структурных форм свидетельствуют о том, что все тектонические движения на платформе являются следствием вертикальных подвижек отдельных блоков кристаллического фундамента. При этом большинство подвижек происходит по одним и тем же ослабленным зонам. Породы осадочной толщи над такими разломами претерпевают большие напряжения, что приводит к возникновению трещин или дизъюнктивных нарушений.

Доля карбонатных пород в разрезе осадочного чехла на территории составляет от 50 до 70%. Мощными толщами карбонатных пород представлены отложения верхнего девона, каменноугольные и нижнепермские. Их характерными особенностями являются относительно высокая растворимость, низкая пластичность и повышенная хрупкость. Эти свойства обуславливают достаточно высокую проницаемость карбонатных массивов, как в плоскости напластования, так и в перпендикулярном направлении. Поэтому карбонатные породы обычно не могут служить водоупором, а в карбонатных коллекторах нередко встречаются залежи углеводородов массивного типа. Высокая проницаемость карбонатных пород проявляется при бурении скважин, что выражается в фильтрации бурового раствора в поровое пространство породы, а также в катастрофическом поглощении промывочной жидкости.

Исследуемая территория ограничивается распространением карбонатных формаций палеозоя. Вторым ограничением является территория внутренней зоны Прикаспийской впадины, зоны распространения соляных куполов, где к подсолевым отложениям приурочена зона АВПД. Её наличие переводит соответствующие резервуары в разряд неперспективных для захоронения жидких отходов. Таким образом, карбонатные резервуары могут представлять интерес только в пределах Волго-Уральской антеклизы, Рязано-Саратовского

прогиба, Воронежской антеклизы и бортового уступа Прикаспийской впадины.

В основу расчленение территории положены современные структурные планы мезозойских и верхнепалеозойских отложений, региональные элементы которых являются общими или близкими друг другу.

*Территория Волго-Уральской антеклизы* охватывает районы Самарской и северо-восточные районы Саратовской областей. Здесь выделяются структуры 1 порядка: Токмовский свод в основу (южное окончание) и Татарский свод (южное окончание), Жигулёвско-Пугачёвский свод. К отрицательным структурам относятся Мелекесская и Бузулукская впадины.

По поверхности нижнекаменноугольных отложений между Татарским и Жигулёвско-Пугачёвским сводами выделяется Каменно-Кинельская впадина, весьма своеобразный тектонический элемент. Она напоминает речную долину, заполненную терригенными осадками после размыва турнейских известняков. Впадина характеризуется крутыми крыльями с амплитудой погружения по сравнению со сводами 600-800 м. Разломы фундамента вдоль ее бортов имеют древнее заложение и неоднократно возрождались в течение палеозойского, мезозойского и кайнозойского времен.

*Воронежская антеклиза* представлена своим восточным окончанием. На крайнем западе Волгоградской и Саратовской областей кристаллический фундамент залегает на глубинах порядка 300-350 м, но уже в 80 км к востоку он вскрывается на глубинах 1000 и более метров. Под тощей мезозойских пород моноклинально залегают породы девонского возраста, восточнее появляются каменноугольные отложения.

*Рязано-Саратовский прогиб* представляет собой крупный грабенообразный желоб в теле фундамента Восточно-Европейской платформы. Он разделяет Воронежскую и Волго-Уральскую антеклизы. Его юго-восточное окончание, расширяясь, охватывает северо-западный борт Прикаспийской впадины и некоторыми исследователями рассматривается под названием Волгоградско-Оренбургского амфитеатра. В его пределах по поверхности палеозоя выделяются следующие структурные элементы: Терсинская

депрессия, Доно-Медведицкий вал, Приволжская моноклираль, зона Саратовский поднятий и связанных с ними депрессий, Степновский сложный вал. Южные районы Волгоградской области, примыкающие к Преддонбасской депрессии характеризуются замещением карбонатных формаций, терригенными.

*Прикаспийская впадина* представлена своей западной частью. Она характеризуется резким отличием структурных планов подсолевого и надсолевого комплексов. В подсолевом комплексе выделяются три зоны, которые соответствуют тому или иному типу соляных образований:

- зона пластового залегания соли - это внешняя зона впадины до бортового уступа;

- зона соляных антиклиналей (соляных гряд) - внутренняя зона впадины, примыкающая к бортовому уступу;

- зона соляных куполов и разделяющими их межкупольными мульдами. В разрезе Прикаспийской впадины карбонатные отложения присутствуют в подсолевом комплексе. В бортовой зоне впадины их разрез, в общем, аналогичен платформенному типу, однако далее, во внутренних районах он становится более неоднородным. Резкое изменение условий залегания карбонатных резервуаров во внутренних районах впадины по сравнению с бортовой зоной подтверждается АВПД, которые отмечены в верхнепалеозойских отложениях практически во всех скважинах внутренней зоны Прикаспийской впадины. Зона перехода нормальных и аномальных давлений зафиксирована по ряду пересечений бортового уступа: Карасольскому, Ново-Никольскому, Лободинскому, Краснокутскому. Гидравлический барьер по верхнепалеозойским отложениям расположен в 10-15 км от бортового уступа и смещён во внутреннюю зону впадины.

Таким образом, палеозойские карбонатные резервуары, которые можно использовать для захоронения, присутствуют только в пределах бортового уступа Прикаспийской впадины. Подсолевые отложения внутренних районов в связи АВПД исключают в них захоронение СВ по технологическим причинам.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

### 3.2.2. Гидрогеологический разрез.

Разделение разреза осадочных пород на гидрогеологические комплексы основывается, прежде всего, на литологических признаках. По этим показателям выделяются проницаемые породы, которые разделяются водоупорными, причём их толщина может изменяться в значительных пределах. К совершенным водоупорным толщам следует отнести соленосный комплекс кунгура, имеющий региональное распространение и не содержащий проницаемых прослоев. Его толщина достигает сотен метров и он делит осадочную толщу на два гидрогеологических этажа: верхний и нижний. Другие водоупоры представлены глинистыми породами толщиной в несколько десятков метров и разделены проницаемыми пластами. Это терригенные комплексы кайнозоя, мезозоя и палеозоя. В основном это акчагыльские, верхне-среднеальбские, среднеюрские, баскунчакские, верейские, тульские, кыновские, муллинские, черноморские отложения. В соответствующих районах именно эти глинистые водоупоры отделяют зону инфильтрационного водообмена от зоны распространения высокоминерализованных вод. В бортовой зоне Прикаспийской впадины в ряде скважин (Краснокутская 25, Лободинская 263 и т.д.) вскрыты глинистые породы  $S_2$  возраста толщиной  $>1000$  м.

В зависимости от преобладания, в разрезе терригенных или карбонатных пород на территории Нижнего Поволжья выделяются следующие водоносные комплексы (см. рис. 3.2.2.-1). УБРАТЬ!

#### **I - водоносный комплекс неогеновых и четвертичных отложений.**

Это, прежде всего, четвертичные, плиоценовые и миоценовые отложения: имеют спорадическое распространение. Комплекс представлен терригенными породами. На Приволжской возвышенности: континентальные аллювиальные и флювиогляциальные отложения, в Прикаспийской низменности – морские. Континентальные отложения, как правило, содержат пресные воды, в морских отложениях воды с пёстрой минерализацией, которая повышается в юго-восточном направлении.

**II - водоносный комплекс палеогеновых отложений.** Палеоген в пределах Приволжской возвышенности представлены сызранским, саратовским, камышинским, пролейским, царицынским, мечеткинским и киевским ярусами. Сызранский ярус сложен мелкозернистыми песками и трещиноватыми опоками, толщиной до 300 м. Проницаемость опок обычно невысокая, однако в нарушенных зонах дебиты водопроявлений достигают значительных величин.

Водоносные горизонты встречены в камышинских и царицынских отложениях. В каждом случае эффективная толщина песчаников достигает 30-60 м, дебиты воды превышают 100 м<sup>3</sup>/сут. На Приволжской возвышенности к водоносному комплексу приурочены пресные воды.

**III - водоносный комплекс меловых отложений.** Верхнемеловые отложения региона включают в себя от сеноманского до датского ярусов включительно и представлены, в основном, карбонатными породами. Среди известняков и мергелей встречаются прослой глины и песчаников. Сеноманский ярус представлен терригенными породами. В Волгоградско-Саратовском Поволжье он вместе с альбским ярусом составляет один водоносный комплекс, являющийся основным источником водоснабжения. Верхнемеловые известняки в северных районах обладают хорошими коллекторскими свойствами, дебиты воды достигают сотен м<sup>3</sup>/сутки. В нижнем мелу водоносные горизонты кроме альбских отложений отмечены в аптских и неокомских. Эти водоносные горизонты являются основными источниками водоснабжения на территории Пензенской, Саратовской и Волгоградской областей.

**IV - водоносный комплекс юрских отложений.** Комплекс юрских отложений несогласно залегает на породах палеозоя и триаса.

Верхний отдел юрской системы представлен песчано-глинистыми отложениями келловейского яруса и терригенно-карбонатными породами оксфордского и волжского ярусов. Толщина верхнеюрских отложений ~ 100 м.

На многих площадях, особенно в западных районах, они подвергались размыву. На Пугачёвском валу в ряде районов Саратовского Заволжья юрские.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского



отложения отсутствуют вследствие преакчагыльского размыва.

Проницаемые пласты юры представлены крупно- и среднезернистыми песчаниками, часто обладающими хорошими коллекторскими свойствами. Толщина песчаников в Саратовско-Волгоградском Заволжье равна 20-50 м. Воды Приволжской моноклинали имеют минерализацию 5-10 г/л.

**V - водоносный комплекс пермо-триасовых отложений.** Комплекс распространен на левобережье Самарской и Саратовской областей, а также на территории Приволжской моноклинали в Волгоградской области. Водовмещающие породы представлены песчано-глинисто-карбонатными, среди которых есть гипсоносные породы.

В пределах Жигулёвско-Пугачёвского свода карбонатные отложения верхней перми содержат пресные воды, дебит в скважинах ~ 500 м<sup>3</sup>/сут.

В разрезе терригенных отложений пермо-триаса Саратовско-Волгоградского Поволжья выделяют преимущественно глинистую толщу татарского яруса (P<sub>2</sub>), пески ветлужской серии и преимущественно глинистую толщу баскунчакской серии (T<sub>1</sub>). Водоносные горизонты приурочены к пескам и рыхлым песчаникам ветлужской серии (~260 м), с пористостью ~ 30% - 35%, проницаемость ~ 10<sup>-12</sup> м<sup>2</sup>. Опробовались пески, во всех случаях получены большие притоки воды (>200 м<sup>3</sup>/сут. при понижении 150 м., Щербаковская площадь). Минерализация вод ~ 50-100 г/л.

В юго-восточных районах Прикаспийской впадины разрез пермо-триаса представлен толщей глинистых пород с частым чередованием песчано-алевритовых разностей. Характерной особенностью пород на солянокупольных структурах, является наличие трещин, заполненных ангидритом (Паромненская площадь, Волгоградская область и Степновская площадь, Астраханская область). В районах присутствуют рассолы с минерализацией до 200-250 г/л.

**Кунгурская водоупорная толща.** Во внешней зоне Прикаспийской впадины кунгурские отложения представлены сульфатным комплексом с прослоями карбонатных пород, которые от периферии к борту впадины замещаются сульфатным комплексом с прослоями каменной соли, а затем

преимущественно соленосным комплексом.

Разрез кунгура также изучен на площадях Приволжской моноклинали, где соленосные породы имеют пластовое залегание. Они состоят: галит и сильвинит (80-85%), ангидрит (12-15%), карналлит и бишофит (2-6%). Калийно-магниевые соли образуют два выдержанных пласта, прослеживающихся вдоль правого берега р. Волги полосой шириной 14-20 км.

Коллекторов среди кунгурских отложений не обнаружено, дебиты вод иногда составляли 1,72 м<sup>3</sup>/сут., при понижении 800 м (Антиповская площадь).

Проницаемые породы встречены в кровле кунгура, что является следствием карстогенных явлений при выщелачивании гипсоносо-соленосных пород. Так, на площади Азау приток вод получен из кепрока (40 м<sup>3</sup>/сут при динамическом уровне 92 м). В районе оз. Баскунчак известны источники, приуроченные к покрывающим соль гипсам, с дебитами в тыс. м<sup>3</sup>/сутки.

Большой интерес представляют факты о линзообразном залегании рассолов в толще солей на территории Приволжской моноклинали. При вскрытии скважинами таких линз наблюдаются газо-водяные выбросы, причем давление жидкости в них значительны и превышает нормальное гидростатическое. Выбросы отмечены в Николаевской опорной скважине, скв. 7, Светлоярской площади. Известны они и в других местах.

Как правило, выброс начинается неожиданно, переливает высококонцентрированный рассол, иногда с большим количеством газа. Вода с плотностью 1200-1300 кг/м<sup>3</sup>, прозрачная или чёрного цвета, содержит Н<sub>2</sub>S, длится днями и неделями, что свидетельствует о большом объёме линзы.

При бурении на соляных куполах газо- и водопроявления носят кратковременный характер. Вероятно, при соляном тектогенезе линзы разрушаются и в солях остаются небольшие включения вод.

**VI - водоносный комплекс каширских, подольских, мячковских, верхнекаменноугольных и нижнепермских карбонатных отложений.**

Карбонатные породы, содержащие водоносные горизонты изменяют свои толщины от 0 м на западе Хоперской моноклинали, до 900 м на Приволжской

моноклинали. В районах, примыкающих к Прикаспийской впадине в разрезе нижней перми, появляются прослои ангидритов. Глинистые водоупоры толщиной до 20-30 м прослеживаются в низах верхнего карбона (шляховские глины в Волгоградском Поволжье) и в каширских отложениях. Уменьшение толщины связано с региональным выклиниванием отложений к Воронежскому своду и с их размывом в течение пермотриасового перерыва и во время среднеюрской трансгрессии.

На территории Доно-Медведицкого вала и Саратовских дислокаций в карбонатных породах отмечаются карстовые явления. Для них при бурении характерны катастрофические поглощения промывочной жидкости, которые ликвидируются многократными цементными заливками. Частые провалы инструмента (0,2 - 3 м) дают представления о размерах карстовых полостей. В таких зонах проницаемость пород повышается до десятков и сотен тысяч дарси, и использовать обычные методы количественного определения коллекторских свойств пластов становится невозможным. Поглощения формируются во всех стратиграфических горизонтах, несколько реже они в каширских отложениях, из-за увеличения в них глинистых прослоев.

На Приволжской моноклинали коллекторские свойства пород ухудшаются. Это обусловлено появлением глинистых отложений пермотриаса и кунгурских соленосных пород, что способствовало закрытости отложений и слабому проявлению карстовых процессов. В то же время, в бортовой зоне по скважинам проницаемость пород снова увеличивается. Зоны повышенной проницаемости связаны с рифами ранней перми ( $P_1$ ), прослеживающимися вдоль западного и северного бортов Прикаспийской впадины.

Гидрохимическая зональность комплекса зависит от наличия над ним кунгурской соленосной толщи. На территории Самарской области северные и западные районы относятся к зоне распространения пресных и солоноватых вод. Юго-восточные районы, где комплекс перекрыт водоупорными толщами кунгура и калиновской свиты, минерализация вод резко увеличивается, достигая 200 г/л и выше. Аналогичная ситуация характерна и для Саратовско-

Волгоградского Поволжья. Если в зоне Доно-Медведицких и Саратовских дислокаций в каширских отложениях присутствуют воды с минерализацией 10-20 г/л, реже до 50 г/л, то на Приволжской моноклинали и в зоне бортового уступа Прикаспийской впадины при погружении под соли кунгура минерализация вод возрастает до 200-250 г/л.

#### **VII - водоносный комплекс мелекесских и верейских отложений.**

Терригенная толща мелекесских и верейских отложений представлена чередованием пластов глин, песчаников и алевролитов. В северных районах появляются прослойки карбонатных пород. В подошве мелекесского горизонта выделяется региональный водоупор толщиной до 45 м, который на Коробковской площади удерживает залежь с этажом газоносности 168 м, приуроченную к нижележащему водонапорному комплексу. Залежи нефти и газа удерживаются этой покрывкой и на других площадях Доно-Медведицких дислокаций. В верейском горизонте выделяется до 2-х пластов-коллекторов (песчаники), в мелекесском до 4-х. Суммарная толщина песчаников изменяется от 50 до 130 м при общей всей части разреза от 270 до 320 м. Песчаники мелко- и среднезернистые, глинистые, полимиктового состава. Пористость 14-32%, проницаемость от  $0,1 \cdot 10^{-12}$  до  $5 \cdot 10^{-12}$  м<sup>2</sup>. Дебит воды изменяется от 10 м<sup>3</sup>/сут до 600 м<sup>3</sup>/сут, при понижении до 335м.

Глинистые покрывки верейских и мелекесских отложений обладают изолирующими свойствами, они удерживают многочисленные залежи нефти и газа на площадях Волгоградского, Саратовского и Самарского Поволжья. Как правило, они содержат высокоминерализованные воды за исключением крайних западных районов территории.

За бортовым уступом Прикаспийской впадины скв. 25 Краснокутская и 263 Лободинская вскрыли терригенные породы среднего карбона толщиной >1000 м. В них нет проницаемых прослоев. Породы вследствие своей большой толщины являются гидравлическим барьером между внешней и внутренней частями Прикаспийской впадины.

#### **VIII - водоносный комплекс серпуховских и нижнебашкирских**

**отложений.** Карбонатные породы толщиной от 0 м на западе до 300 м распространены на востоке региона. Пористость известняков от 3-5% до 15-20%, проницаемость обусловлена, главным образом, с трещиноватостью. По данным промысловых исследований проницаемость на Коробковской площади  $1,5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ , на Жирновской и Бахметьевской от  $2 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$  до  $5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ . Замеренные дебиты воды достигают  $95 \text{ м}^3/\text{сут}$ , при понижении 300 м.

При бурении скважин на многих площадях Доно-Медведицкого вала, Саратовских дислокаций, Жигулёвско-Пугачёвского свода отмечались провалы инструмента и поглощения промывочной жидкости. На Приволжской моноклинали коллекторские свойства известняков ухудшаются (пористость 4,4-13%), резко уменьшается число зарегистрированных поглощений. Однако вблизи гравитационного уступа зафиксированы как низкая водообильность, так и поглощения во многих глубоких скважинах.

Результаты керновых определений, геофизических и промысловых исследований, а также размещение зон поглощений промывочной жидкости указывают, что проницаемые зоны связаны с определенными интервалами разреза, а также приурочены тектонически к активным участкам.

Воды, за исключением западных районов (г. Урюпинск), относятся к высокоминерализованным рассолам. Минерализация увеличивается от 100 г/л на глубинах 700-800 м, до 200 г/л на 1500 м.

**IX - водоносный комплекс бобриковских и тульских отложений.** Он представлен чередующимися глинистыми и песчанистыми пластами, непостоянных по количеству и по толщине. В подошве бобриковского горизонта выделяется региональный водоупор (8 м), который удерживает нефтегазовые залежи нижележащего турнейского яруса.

В бортовой зоне и на юге Приволжской моноклинали тульский горизонт сложен известняками. Общая толщина пород комплекса 100 м.

По литолого-минералогическим признакам бобриковский горизонт делится на две части: нижнюю – глинистую, толщиной до 8 м и верхнюю – песчано-глинистую. Эффективная толщина песчаников изменяется от 7 до 25 м

и при общей толщине верхней части разреза 25-50 м. Район Доно-Медведицкого вала характеризуется наличием хороших коллекторов, пористость которых достигает 20-25%, проницаемость -  $10^{-12}$  м<sup>2</sup> и даже  $5 \cdot 10^{-12}$  м<sup>2</sup>. По данным опробования скважин водообильность горизонта составляет около 60 м<sup>3</sup>/сут, при понижении 200-250 м.

На Жирновско-Линёвском блоке и Саратовских дислокациях хорошие коллектора встречены в тульском горизонте (пласты А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub>, Б<sub>1</sub>). При пористости 17-29% их проницаемость составляет  $5 \cdot 10^{-12}$  м<sup>2</sup>. Суммарная толщина коллекторов достигает 40-50 м, водообильность - 110 м<sup>3</sup>/сут, при понижении 300 м. Хорошие коллектора встречены на Приволжской моноклинали, где проницаемость песчаников в Николаевской опорной скважине достигала  $0,85 \cdot 10^{-12}$  м<sup>2</sup>. В Саратовском Заволжье коллекторские свойства песчаников ухудшаются, они замещаются карбонатно-глинистыми породами. Минерализация вод почти на всей территории превышает 120-150 г/л, и даже до 200-250 г/л, при погружении на глубины > 1500 м.

**Х - водоносный комплекс среднефранских, верхнефранских, фаменских и турнейских отложений.** Карбонатные породы отложений этих возрастов имеют толщину 1000-1400 м. В нём выделяется ряд глинистых покрышек толщиной 20-50 м, имеющих региональное распространение по площади, в некоторых случаях они удерживают залежи нефти и газа. Глинистый региональный водоупор толщиной до 20 м прослеживается и в подошве фаменского яруса.

В южных районах значительную часть разреза занимают песчаники, которые обладают хорошими коллекторскими свойствами. Так, пористость фаменских песчаников района с. Арчеды равна 5-21%, проницаемость до  $10^{-12}$  м<sup>2</sup>, алатырские песчаники на Кудиновской площади: пористость 16-24%, проницаемость  $914 \cdot 10^{-15}$  м<sup>2</sup>. К северу число песчаных пластов уменьшается, они замещаются глинами, а затем карбонатными породами.

Коллекторские свойства известняков карбонатного девона неоднородны, как по площади, так и по разрезу. Если в Терсинской депрессии и Арчединском

блоке хорошие коллектора распространены редко, то склоны девонских палеовпадин в пределах Доно-Медведицкого вала, Саратовских дислокаций, Жигулёвского свода и зоны гравитационного уступа Прикаспийской впадины характеризуются наличием пористых и кавернозных известняков, обладающих высокой трещиноватостью. Это фиксируется как керновыми определениями, так и высокой водообильностью пластов при опробовании скважин. В указанных зонах в карбонатной толще девона нередки поглощения промывочной жидкости, причём интервалы поглощений приурочены, как правило, к рифогенным зонам значительной протяжённости. Такая зона, например, в карбонатной толще верхнефранского яруса протягивается от Ново-Коробковской до Жирновской площадей и связана с барьерным рифом.

Карбонатная толща турнейского яруса также входит в рассматриваемый водонапорный комплекс. Ее характерной чертой является наличие в кровле поверхности выщелачивания, с чем связывается улучшение коллекторских свойств на некоторых площадях Доно-Медведицкого вала. В то же время большое значение, как и для нижележащих пород девона, имели тектонические движения, о чем свидетельствует высокая проницаемость известняков турнейского яруса в бортовой зоне Прикаспийской впадины. По данным опробования пород турнейского яруса на Николаевской опорной скважине дебит воды достигает  $75 \text{ м}^3/\text{сут.}$ , при понижении 100 м., проницаемость  $0,2 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ . При бурении скважины отмечались поглощения промывочной жидкости в турнейских отложениях.

Резервуар с особо высокими фильтрационными свойствами встречен в скв. 6 Ждановской площади в зоне бортового уступа Прикаспийской впадины. При бурении на глубине 4413 м в малиновских отложениях произошел выброс воды, перешедший в мощный фонтан с дебитом  $10500 \text{ м}^3/\text{сут.}$ ,  $t - 80-85^\circ\text{C}$ .

Характеризуя отложения девона в целом, необходимо отметить весьма неравномерное распределение коллекторов по площади. В разрезе отсутствуют совершенные водоупорные покрышки, что в большинстве случаев обеспечивает гидравлическую связь всего карбонатного разреза.

Воды девона и турнейского яруса относятся к высококонцентрированным рассолам, минерализация 200-250 г/л.

**XI - водоносный комплекс живетских и нижнефранских отложений (терригенный девон).** Сложен в основном глинистыми породами, проницаемые пласты приурочены к воробьевскому, старооскольскому и пашийскому горизонтам, причём общая толщина песчаников увеличивается с юго-востока на северо-запад от 20 м (Кудиновская и Антиповско-Балыклейская площадей), до 150 м на Жирновско-Линёвском блоке и на Саратовских дислокациях. В нижней части комплекса прослеживается чернойский горизонт, который является хорошо выдержанным водоупором, представленный аргиллитами, толщиной 40 - 60 м. В верхней части комплекс ограничивается кыновским водоупором.

Водоносные горизонты терригенного девона характеризуются изменением толщин и коллекторских свойств не только в целом по региону, но и в пределах отдельных разведочных площадей.

Наиболее часто встречаются песчаники с хорошими коллекторскими свойствами на Хопёрской моноклинали, Терсинской депрессии, Жирновско-Линёвском блоке и Саратовских дислокациях, где зафиксирована большая толщина песчаников, повышенные пористость и проницаемость, и, соответственно, выше дебит воды. Минерализация вод 200-250 г/л.

**XII - водоносный комплекс эйфельских и додевоноких отложений.** Сложен терригенно-карбонатными отложениями с низкими коллекторскими свойствами, значительными изменениями толщины по региону и залегает на сильно расчленённой поверхности кристаллического фундамента.

### 3.2.3. Гидрогеологическая зональность

Водоносные комплексы образуют пластовые водонапорные системы, гидравлическая связь между которыми определяется свойствами водоупорных пород. Вторым важным фактором, определяющим гидрогеологические



особенности региона, является направление движения подземных вод - нисходящее (процесс инфильтрации) или восходящее (процесс разгрузки). Процессы инфильтрации более свойственны геоморфологически приподнятым зонам: Приволжской возвышенности, Общему Сырту, разгрузка вод осуществляется в долинах крупных рек и на территории Прикаспия. Эти процессы определяют гидрохимическую зональность, на основании изучения которой можно ориентировочно оценивать качество водонапорных толщ и гидрогеологическую закрытость территории.

Анализ гидрогеологических условий региона<sup>10</sup> показал, что в разрезе можно выделить три гидрохимические зоны: 1. зону пресных и солоноватых вод (до 5 г/л), 2. зону резкого нарастания минерализации от 5 г/л до 100 г/л и 3. зону плавного нарастания минерализации до 200-240 г/л. На глубинах свыше 4000 м в прибортовых районах Прикаспийской впадины намечается выделение новой гидрохимической зоны, характеризующейся понижением минерализации воды, что связывается с активизацией процессов метаморфизма. Как правило, это зона АВПД.

Так как химический состав воды в каждой зоне определяется типом гидрогеологического процесса, то в системе гидрогеологических зон следует выделять:

а) зону инфильтрационного водообмена - основные процессы: инфильтрация вод поверхностного происхождения, вытеснение седиментационных вод инфильтрационными, активный дренаж водоносных горизонтов;

б) зона седиментационного водообмена - основной процесс перераспределение подземных вод между породами различной литологии при гравитационном уплотнении пород, тектонических движениях и эпигенетических процессах;

в) зона смешанного водообмена - занимает промежуточное положение и ей свойственны как процессы инфильтрационного, так и седиментационного

---

<sup>10</sup> Гидрогеология СССР. Поволжье и Прикамье – М.: Недра, 1970, Т.Х111. –700 с.

водообмена. К последней зоне следует относить районы древней инфильтрации, где инфильтрационный (или смешанный водообмен) прекратился после соответствующей трансгрессии, но следы опреснения проявляются в химическом составе вод.

Выделенные зоны, в общем, соответствуют зонам свободного, затрудненного и весьма затрудненного водообмена той классификации, которая обычно используется в гидрогеологии.

Естественно, что верхняя и средняя гидрогеологические зоны гидравлически связаны с поверхностными и грунтовыми водами, и закачка жидких стоков в такие водоносные комплексы не может быть обоснована. Толщина зоны свободного (инфильтрационного) и затрудненного (смешанного) водообмена равна нескольким сотням метров, но она может подниматься или опускаться на соответствующих структурах в зависимости от положения водоупорной толщи.

На территории Воронежской антеклизы (Урюпинский район) зона пресных вод охватывает отложения карбонатного девона до глубины 100 м и нижнего карбона до глубины 200 м. В терригенном девоне минерализация возрастает до 35 - 66 г/л. В породах терригенного девона расположены первые от поверхности совершенные водоупорные толщи.

Условия формирования гидрохимической зональности становятся достаточно понятными при изучении гидрогеологических условий Урюпинского района, охарактеризованных в работе С.М.Кисельгоф [144]. При погружении пород карбонатного девона в разрезе появляется новая водоносная толща тульского и бобриковского горизонтов. Под этой толщей минерализация вод воронежского и задоно-елецкого горизонтов на глубинах 200-450 м уже достигает 37 г/л.

Далее на восток зона перехода пресных и солоноватых вод в рассолы проходит по все более молодым отложениям. На большинстве площадей Доно-Медведицкого вала, Саратовских дислокации, Жигулёвско-Пугачёвского свода резкий скачок минерализации происходит в верейских отложениях. Они

являются совершенной крышкой для резервуаров нижнего карбона. В то же время на этих структурах карбонатные породы среднего, верхнего карбона и нижней перми содержат воды пониженной минерализации. Минерализация вод этого комплекса резко увеличивается до 200-250 г/л при погружении его под соленосную толщу кунгура. В зоне своего распространения она является совершенной крышкой для подсолевых отложений.

Положение гидрохимических зон в разрезе является одним из главных показателей условий захоронения промстоков, прежде всего, с точки зрения надёжности. В следующих разделах, где охарактеризованы карбонатные резервуары, гидрогеологические параметры рассматриваются как важные элементы в системе их оценки.

Анализ гидрогеологического разреза региона показал, что с точки зрения коллекторских свойств, толщины и наличия региональных крышек наибольший интерес представляют 3 карбонатных резервуара палеозоя (см. рис.3.2.3.-1.).

**1-й резервуар** - карбонатная толща каширских, подольских, мячковских, верхнекаменноугольных и нижнепермских отложений. Резервуар перекрывается соленосной толщей кунгура в восточных районах рассматриваемого региона.

**2-й резервуар** - карбонатная толща серпуховских и башкирских отложений, перекрывается водоупорными толщами верейского горизонта.

**3-й резервуар** - карбонатная толща D<sub>3</sub> и турнейского яруса, перекрывается водоупорными толщами тульских и бобриковских отложений.

### 3.3. Характеристика карбонатных резервуаров.

3.3.1. **1-й резервуар** - карбонатная толща каширского, подольского, мячковского горизонтов, верхнего карбона и нижней перми.

Верхняя карбонатная часть разреза палеозоя «надверейская карбонатная

толща» подстилается водоупорными верейскими терригенными отложениями. Ширина полосы выхода между подошвой каширского горизонта (областью отсутствия отложений) и зоной выклинивания соленосной толщи кунгура достигает на юге 150 км на севере расширяясь до 300-400 км (см. рис.3.3.1.-1.). В этой зоне на размытую поверхность палеозоя последовательно выходят все стратиграфические подразделения осадочной толщи I резервуара. Толщина комплекса изменяется от 0 в зоне выклинивания до 1000 м в бортовых зонах Прикаспийской и в Камско-Кинельской впадинах.

Её литологический состав: известняки, доломиты, отдельные горизонты обогащены сульфатными минералами. Некоторые разрезы характеризуются наличием прослоев глин и мергелей, которые формируют местные водоупоры. К ним относятся 20-50-метровый слой глин в подошве серпуховских отложений (тарусский горизонт), распространённый в северо-западной части Самарской области, 10-20-метровые пласты глин в приподошвенной части каширского и подошве мячковского горизонтов, а также 20-60 метровый пласт шляховских глин в гжельском, верхнего карбона.

Формирование резервуара после осадконакопления происходило в изменяющейся палеогеографической обстановке: периодические погружения сменялись континентальными перерывами, в течение которых породы подвергались трещинообразованию, карстификации, что вело к его неоднородности.

В конце палеозоя вся территория Поволжья оказывается выведенной на дневную поверхность и подвергается длительному размыву. Наиболее глубокий размыв захватывает западную и северо-западную части территории, где карбонатные и карбонатно-сульфатные отложения  $P_1$ ,  $C_3$  и  $C_2$ , частично или полностью, выпали из разреза. Восточная часть Самарской области, Прикаспийская впадина, южная часть Волгоградского Поволжья испытывали погружение, поэтому в этих направлениях, с ростом толщины отложений, растёт и число горизонтов, уцелевших от размыва.

Каширский и подольский горизонты характеризуются развитием

различных типов известняков: органогенно-обломочные, псевдооолитовые и зернистые. Известняки в различной степени перекристаллизованы и доломитизированы, частично окремнены, стилолитизированы и трещиноваты, прослоями сильно выщелочены. Встречаются также слои терригенных пород и доломитов, толщина которых увеличивается с севера на юг.

Мячковский горизонт характеризуется широким развитием органогенно-детритовых типов известняков, резко преобладающих над всеми остальными. В нижней части мячковского горизонта залегают преимущественно глинистые известняки и прослои глин, толщина которых к югу увеличивается. В средней части - неравномерно перекристаллизованные зернистые и органогенно-детритовые известняки. Отдельные их прослои, в основном зернистые, трещиноваты. Трещины выполнены вторичным кальцитом или глинистым материалом. В верхней части мячковского горизонта чередуются пласты доломитов и известняков. Доломиты неравномерно-зернистые, кавернозные, крепкие с низкой пористостью. Известняки микро-тонко-и неравномерно-зернистые, перекристаллизованные, участками доломитизированные, трещиноватые, с линзами кремня.

Верхний карбон представлен карбонатной толщей, с ограниченным распространением. Нижняя часть: известняки с прослоями доломитов. В Поволжье в нижней части разреза прослеживаются, «шляховские» глины, толщиной 20 - 60 м. Они играют роль регионального водоупора, разделяющего водоносные комплексы среднего и верхнего карбона. Вверх по разрезу содержание доломитов увеличивается. Доломиты трещиноваты и кавернозные. Трещины и каверны выполнены кальцитом, гипсом.

Карбонатные отложения нижней перми представлены ассельским, сакмарским и артинским ярусами. Они распространены в Прикаспийской впадине в её бортовой и прибортовой зонах, а также в Самарском Поволжье.

Ассельский ярус сложен доломитами и известняками. В своей верхней части они закарстованы, выветрелые, с трещинами и кавернами, заполненными кальцитом. Сакмаро-артинские отложения представлены доломито-

ангидритовой толщей, с преобладанием доломитов в сакмарском и ангидритов в артинском ярусах. Породы слоисты, прослеживаются ритмы, начинающиеся доломитами, с примесью ангидрита или терригенного материала, и заканчивающиеся чистыми ангидритами. Пористость карбонатных пород по керну и геофизическим данным изменяется от 3 до 23%. Проницаемость обычно измеряется  $n \cdot 10^{-13} \text{ см}^2$ , что не отражает фактических фильтрационных параметров резервуара, где по зонам поглощения увеличивается на 3-4 порядка. На карте 1-го резервуара (см. рис.3.3.1.-1.) отмечены площади, где при бурении скважин отмечены провалы инструмента. Величины провалов измерялись от первых десятков сантиметров до 7-8 м. После провала почти во всех случаях наблюдалось полное поглощение промывочной жидкости. Такие явления весьма часты при проходке карбонатной толщи в Поволжье и такие зоны трудно поддаются изоляции. Зоны наиболее интенсивных поглощений и участки, где были зафиксированы провалы бурового инструмента, приурочены к структурам Доно-Медведицкого вала (Арчединский, Коробковский и Жирновский блоки), площади Саратовских дислокаций, Степновского вала и Жигулёвско-Пугачёвского свода. Все эти зоны совпадают с территорией, испытавшей максимальные амплитуды новейших движений.

При погружении отложений в юго-восточном направлении в сторону Прикаспийской впадины количество случаев провалов и поглощений резко снижается. На Приволжской моноклинали в районе бортового уступа такие зоны отмечены лишь на разведочных площадях: Антиповско-Балыклейской, Южно-Умётовской, Щербаковской, Мокроусовской. Это зоны проявления тектонической активности при формировании бортового уступа Прикаспийской впадины. Характерная их особенность – наличие грабенов проседания, которые охватывают и неоген-четвертичные отложения, - это Александровский грабен и оперяющие его сбросы Антиповско-Щербаковского выступа, а также другие аналогичные структуры вдоль северного борта Прикаспийской впадины.



Рис. 3.2.3.-1. Разрез палеозоя Нижнего и Среднего Поволжья и положение в нём карбонатных резервуаров с разделяющими их терригенными водоупорами: А (верейский+мелекесский); Б (тульский+бобриковский). 1. Соль\* 2. Ангидрит. 3. Терригенные породы. 4. Карбонатные породы. 5. Породы фундамента.

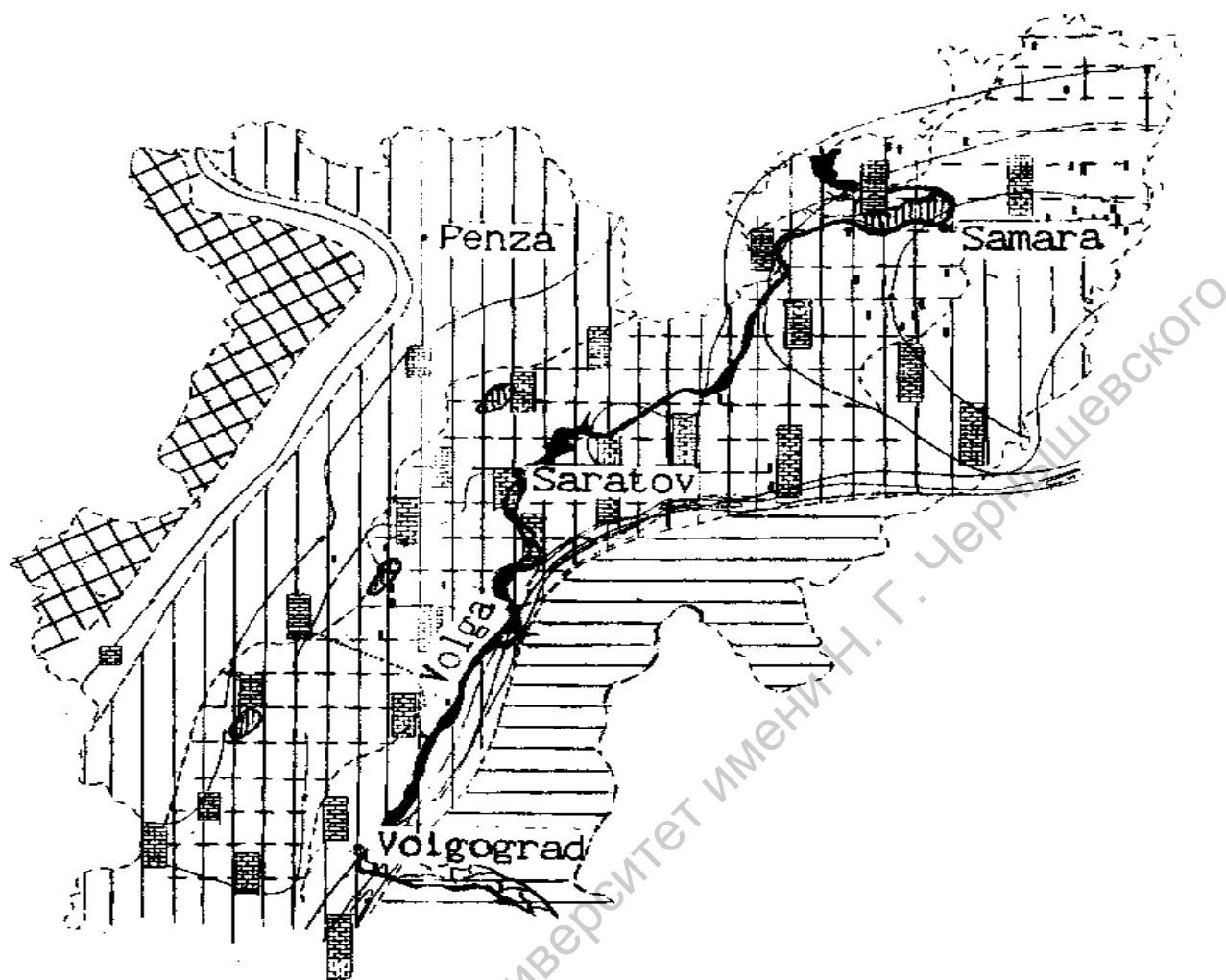


Рис. 3.3.1.-1

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского



Другим параметром, характеризующим фильтрационные свойства резервуара, является раскрытость трещин. Об их раскрытости можно судить по размеру частиц шлама, проникающих в них в процессе бурения. Метод основан на гранулометрическом анализе шлама, отобранного после вскрытия поглощающего горизонта. По результатам исследований, проведенных на территории Саратовской и Волгоградской областей, построены карты видов поглощающих пластов [157]. Зоны распространения коллекторов с раскрытостью трещин более 20 мм (5 вид), для различных горизонтов 1-го резервуара совпадают с зонами провалов инструмента и зонами интенсивных поглощений. Все перечисленные явления и параметры однозначно указывают на зоны повышенных ёмкостных и фильтрационных значений резервуара.

#### 3.3.1.1. Характеристика карста Жирновского района

Для характеристики возможных зон поглощения, залегающих на глубине, использовались данные по участкам карбонатных пород  $C_{2-3}$  возраста, вышедших на поверхность в результате неотектонических движений. С учётом наложенных в неоген-четвертичное время процессов карстификации на раннемезозойские карстовые формы можно сделать выводы о характере как первичных форм, площади их развития, состава или отсутствия карстового заполнения, так и о последующих их преобразованиях.

Нами использованы данные геологических партий, проводивших поиски и разведку строительных материалов, и результаты собственных наблюдений.

Карбонатные породы Доно-Медведицких дислокаций входят в состав единой карстовой области (Воронежская антеклиза, Рязано-Саратовский прогиб). Древний карст палеозоя и мезозоя в значительной степени закольматирован и перекрыт молодыми по возрасту осадочными породами. Здесь также развит и современный карст.

Из 9 морфолого-генетических типов карста, выделенных Н.А.Гвоздецким [102], в районе присутствуют: погребённый (ископаемый) раннемезозойский и

открытый (обнажённый, возрожденный) кайнозойский. Характерной особенностью разновозрастных карстовых форм этого района является их пространственное совпадение в сводовых частях молодых структур: Жирновско-Бахметьевское, Арчединское и др.

Интенсивное поднятие территории, начавшееся в после олигоценное время, привело к образованию многочисленных разноориентированных разрывных нарушений. Они видны в стенках карьеров, дешифрируются на аэрокосмоснимках и выявлены по результатам морфометрического анализа. Тектонические нарушения обуславливают колесообразные изгибы русла р.Медведица, развитие и ориентировку овражно-балочной сети.

Приведём характеристику установленных карстовых форм.

#### *Поверхностные формы палеокарста.*

#### **Эрозионные понижения.**

Структурная карта поверхности карбонатных пород  $C_{2-3}$  Жирновско-Бахметьевский район, выраженная через карту толщин перекрывающих отложений, а также данные буровых работ на строительные материалы, нефть и газ, показывают широкое развитие эрозионных форм рельефа.

Учитывая огромные площади (сотни тысяч км<sup>2</sup>) выходов на поверхность в досреднеюрское время карбонатных пород палеозоя, можно предположить, что большинство эрозионных форм палеорельефа имеют карстовую природу.

В районе известны эрозионные углубления, развитые на поверхности до среднеюрского рельефа и заполненные песчано-глинистыми образованиями.

Так, например, в пределах Линёвского месторождения строительных материалов скважинами прослежена глубокая древняя речная долина, не выраженная в современном рельефе, заполненная юрскими и четвертичными отложениями<sup>11</sup>. Известны в этом регионе и другие примеры речных палеодолин. Эрозионные понижения присутствуют также в современном рельефе. Можно себе представить, какой будет зона поглощения на глубине,

---

<sup>11</sup> Лунгерсгаузен Г.М. Материалы по стратиграфии мезозойских и палеозойских отложений северной ветви Доно-Медведицких поднятий / «Материалы по региональной геологии». Тр. Всес. Аэрогеол. треста. - М.: -Вып. 2. 1947. - С. 190-255

если её размеры могут достигать сотен километров по длине и 10 - 100 метров по ширине. Толщина таких врезов не превышает 10 метров и заполнена они, как правило, хорошо проницаемостью песчано-галечными отложениям.

**Поверхностные карстовые полости** обычно характеризуются карманообразной формой и резко переходят в расширенную трещину, постепенно сужающуюся книзу.

**Палеокарстовые долины**, а также воронки, постепенно переходящие к основанию в узкие полости вдоль трещин выделены при проведении гидрогеологической съемки (1:200 000), лист М-38-IX.

**Палеокарстовые воронки.** По морфологии, размерам, характеру заполнения выделено несколько разновидностей.

**Эрозионные воронки** (ширина в несколько раз превышает глубину).

Изучена в стенке карьера: восточный борт её весьма пологий -  $5^\circ$ , через 34м на запад, противоположный борт крутой (до  $30^\circ$ ), затем резко выполаживается почти до горизонтального залегания. Размер карстовой полости составляет 45 м., наиболее углублённая часть не превышает 10 м. Она заполнена песчано-глинистыми породами, с обломками известняков.

**Карстовые воронки небольших размеров:** L-0,5-3 м, h – 0,5-1 м

Карстовые формы этого типа изучены в нескольких местах. В одном из обнажений отчётливо видно, что карстовая воронка, заполнена терригенными отложениями (Фото 3.3.1.1.-1. а, б).

**Карстовые котловины со сложным рельефом дна**

Выделение котловинных форм, в данном случае, обусловлено совмещением воронок двух генетических типов. Одна из них образовалась за счёт поверхностного растворения (эрозионная), впоследствии заполнившейся песками байосса. Вторая, за счёт обрушения перекрывающих её известняков, которые и заполнили её дно. В первой проявлен процесс серноокислотного преобразования известняков, в результате которого образовались скопления сульфатных форм алюминия (базальюминит и др.).

**Палеокарстовые колодцы (шахты)**

Карстовая форма этого типа находится слева от дороги Жирновск-Бахметьевка, в карьере Мельничного оврага. Ширина ее по верху составляет 10-12 м, глубина более 20 м. Форма симметричная, с крутым, почти под  $90^{\circ}$ , падением бортов. Она заполнена песчано-глинистыми породами, предположительно, среднеюрского возраста. При активизации карстового процесса в неоген-четвертичное время, заполнявшие карстовую форму породы юрского возраста обрушились, и в современном залегании наблюдается вертикальное положение прослоев алевролитов (см. рис.3.3.1.1.-3В). Фиксируется также образование молодых провальных форм, в которых наблюдается увеличение толщины осадочных пород. Промежуточное положение между поверхностными и подземными карстовыми формами занимают поноры.

### **Поноры**

Под этим термином объединяем большое многообразие карстовых форм: каналы, галереи, штольни, дудки, которые имеют различные размеры в поперечнике: от 0,3-2,0 до 5-10 м и сложные по форме, например, понор «Причудливый» (см. рис.3.3.1.1.-3D). Признаками этой группы карстовых форм является: не прослеживаемая, но обязательная связь с поверхностью; преимущественно наклонное падение и видимая изолированность от дневной поверхности всего объёма площади карстовой формы во вскрываемом стенкой карьера сечении.

#### *Подземные формы карста.*

#### **Карстовые трещины вертикальные, связанные с нарушениями.**

Трещины есть в северо-западной стенке Мельничного карьера, а по их простиранию и в восточной стенке. Видимая длина трещины 15 м. определена по высоте уступа, а по характеру контакта с дном карьера, продолжается глубже. Интерпретация направлений трещин фиксирует субширотную зону нарушений. В стенке карьера, где присутствует трещина, наблюдаются поноры. Время образования трещин заполненных высокоглиноземной минерализацией, возраст которой средний плейстоцен, позволяет считать его, таким же.

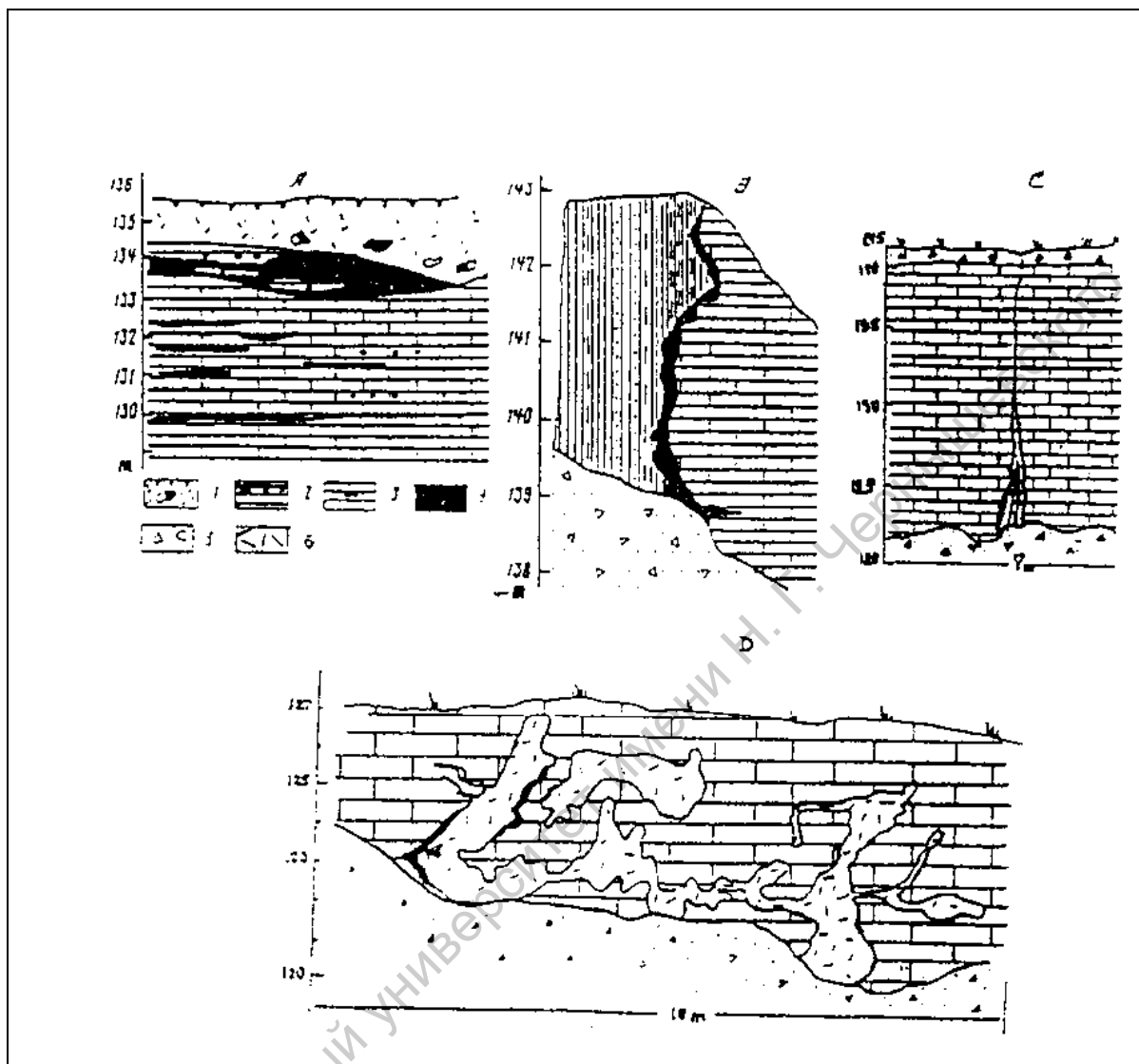


Рис. 3.3.1.1.-3 Схематические зарисовки обнажений карстовых форм и тектонических трещин в карьере в пределах Жирновского участка.

**А** - высокоглинозёмная минерализация на контакте известняков и четвертичных суглинков, здесь же карбонатная мука, заполняющая литогенетические трещины в известняках. **В** - характер контакта с известняками обрушенных юрских пород в карстовом колодце. **С** - тектонические трещины, заполненные суглинками и высокоглинозёмными образованиями. **Д** - карстовые формы: понор «Причудливый», заполненный суглинками среднеплейстоценового возраста и высокоглинозёмными образованиями. **1** - четвертичные суглинки, **2** - юрские глины, алевроиты, **3** - известняк, **4** - полости и линзы, состоящие из высокоглинозёмных минералов, **5** - делювий, **6** - бурые суглинки.

### **Зоны карстификации горизонтального заложения, связанные с преимущественным простойным выщелачиванием.**

Они заполнены карбонатной мукой. Исследования по динамике образования пещерных форм карста показывают, что они формируются преимущественно, вдоль закрытых трещин или плоскостей отслаивания (вероятно, последние можно отнести к литогенетическому типу трещин)<sup>12</sup>. Именно они в начальный момент карстификации и могут являться зоной развития карбонатной муки. Расчёты показывают, что время, за которое могут образоваться пещеры, составляет от  $n \cdot 10^4$  до  $n \cdot 10^6$  лет<sup>13</sup>. Эти результаты дают основание считать образование карбонатной муки в толще известняков весьма быстро протекающим процессом. Таким образом, для её формирования необходимо предположить дифференцированный характер движения карстовых вод и наличие участков с замедленной циркуляцией. Образование прослоев карбонатной муки в толще известняков и доломитов можно связать с преобразованием карбонатных пород плотной массивной текстуры с порами и трещинами размером менее  $700 \text{ \AA}$ , когда взаимодействие физически связанной воды с породами имеет природу, близкую к конгруэнтному растворению. Это приводит к созданию микропористости, существенному диспергированию породы и, в силу малых размеров проводящих каналов, не может привести к формированию заметных количеств минеральных новообразований. В карбонатной муке наряду с растворением и диспергации пород на более поздней стадии развития, при наличии крупных проводящих каналов, наблюдается образование новых минеральных форм (гидрокальцит, галлуазит, алюмогидрокальцит, гидрогётит, аллофан, гиббсит).

Таким образом, взаимоотношения процессов карстообразования и образования карбонатной муки довольно сложны. С одной стороны, они едины по своей природе, с другой - это разные стадии одного процесса выветривания.

<sup>12</sup> Dreybrodt W. Mixing corrosion in  $\text{CaCO}_3 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$  systems and its role in the karstification of limestone areas / W. Dreybrodt / W. Dreybrodt / № 3-4. Сне.. -4. 1980. P. 221-236. . 221-236.

<sup>13</sup> Dreybrodt W. Kinetics of the dissolution of calcite and its applications to karstification / W.Dt. / Ch. reyb.Geol. 31. № 3. 1981. P. 245-269.

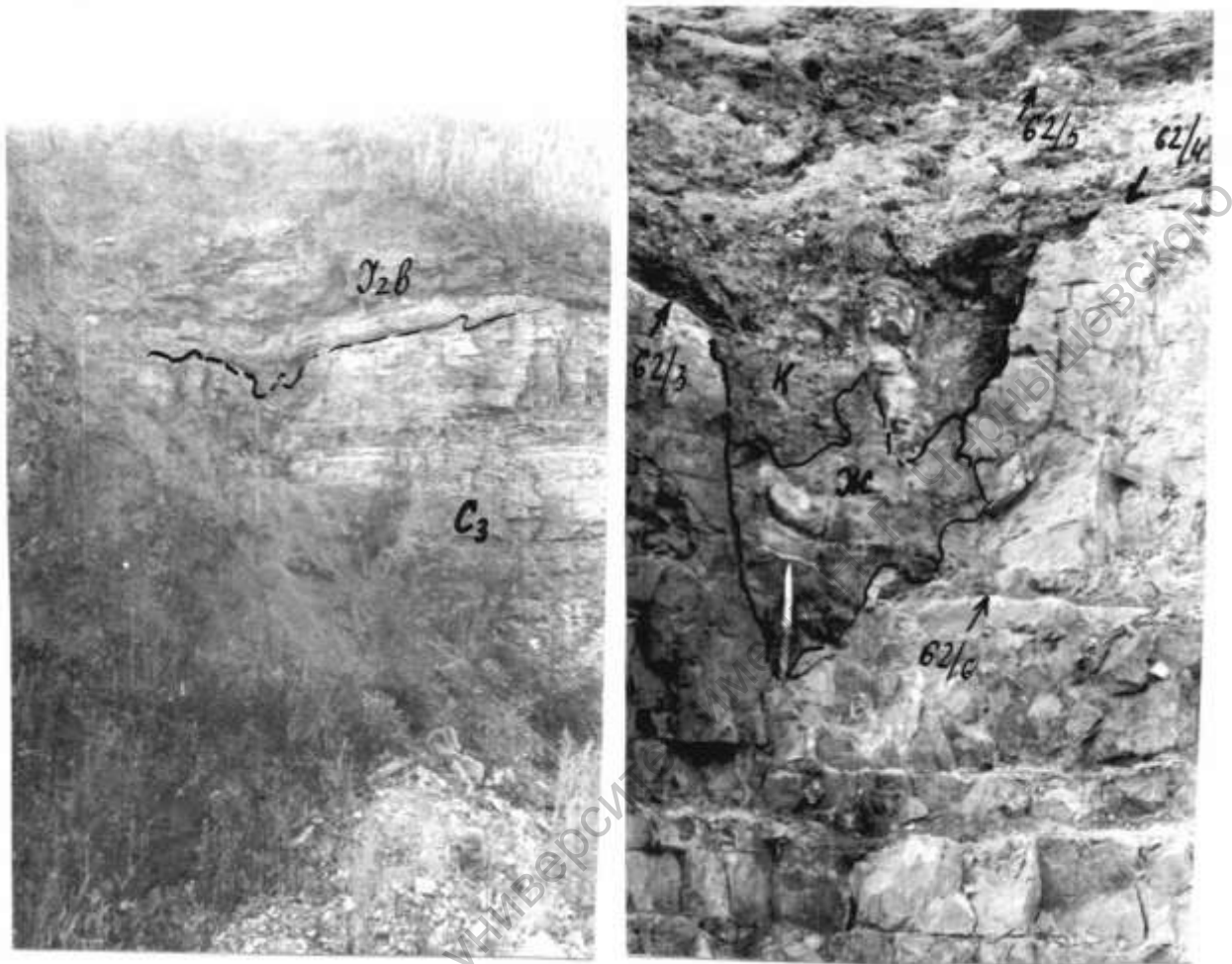


Фото 3.3.1.1. - 2. Карстовая воронка небольших размеров. т.н.62.

а. Общий вид. На контакте песчано-гравийных отложений средней юры (байосс) с известняками верхнего карбона присутствует карстовая воронка размером 0,5 x 1 м.

б. Деталь (крупный план) фото 3.3.1.1.-2. - в железнённых известняках (жс), залегающих ниже донной части карстовой воронки, виден прожилок (указывает нож), сложенный высокоглинозёмными минералами, прослеживаемый и вне пределов карстовой воронки (обр.62/6): кальцит и доломит диспергированный -70%. аллофан - 15 %, алюмогидрокальцит-15%.

заменить на три фото трещин!

Первая - растворение и диспергация, вторая - растворение и вынос вещества.

Приведённые данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Карстовые формы раннего мезозоя (досреднеюрские) распространены очень широко. Они обнаружены на всех участках выходов карбонатных пород на поверхность (Фроловский, Жирновский, Пугачёвский, Жигулёвский и др.).

2. В неоген-четвертичное время раннемезозойские карстовые формы участками были выведены на поверхность (см. рис.3.3.1.1.-4) и по ним шло формирование возрожденного карста.

3. Раннемезозойские палеокарстовые формы, в том числе и палеодолины, как правило, закольматированы проницаемыми песчаными породами средней юры и могут служить зонами поглощения.

4. В неотектонический этап истории формировались нарушения карбонатных породах и в перекрывающих их отложения, возникали новые карстовые формы и шло преобразование раннемезозойских.

5. Изученные карстовые формы расширяют представления о характере вероятных зон поглощения в карбонатных коллекторах.

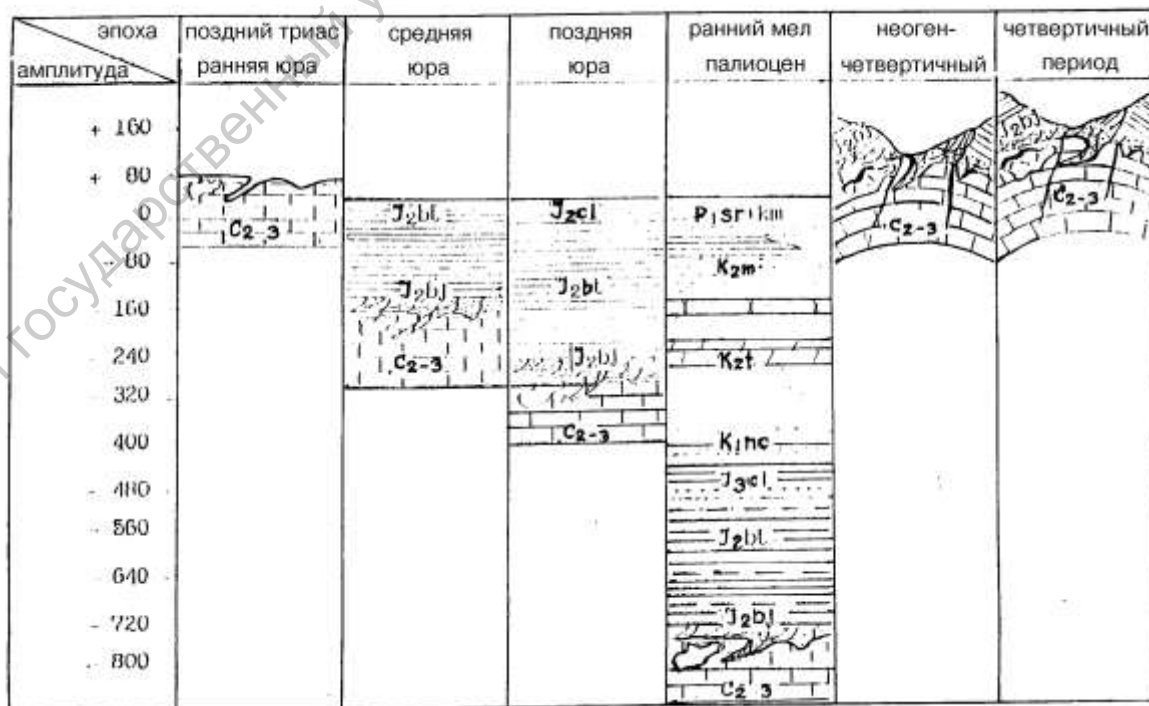


Рис.3.3.3.1.-4. Эволюция раннемезозойского перерыва.



### 3.3.2. 2-й резервуар. Карбонатная толща башкирских и серпуховских отложений

Резервуар перекрывается терригенной толщей верейских и мелекесских отложений, являющейся региональной водоупорной покрывкой. Она представлена глинами с прослоями известняков и песчаников. Области отсутствия этой покрывки протягиваются полосой, шириной 20-30 км вдоль зоны выклинивания резервуара в западных частях региона.

Толщина покрывки изменяется: в зоне Саратовских дислокаций - от 15 до 70 м, на Степновском валу - 25-140 м. Во внутренней зоне Прикаспийской впадины - достигает 700-1000 м.[121].

Карбонатные породы подстилаются песчано-глинистыми породами тульского и бобриковского горизонтов (водоупоры). Толщина резервуара: от 0 м на западе, до 400-500 м в бортовой зоне Прикаспийской впадины. На большей части толщина изменяется в пределах 250- 350 м. Для коллекторов характерен однотипный разрез и литолого-фациальная характеристика. В северной бортовой зоне Прикаспийской впадины наблюдается увеличение толщины отложений, что связывается с появлением здесь рифогенных фаций.

По данным исследований институтов ВолгоградНИПИнефть, НВ НИИГГ (г.Саратов) и ВО ИГиРГИ (г. Самара) карбонатный комплекс представлен известняками, в меньшей степени доломитами. Глинистые прослои внутри комплекса присутствуют лишь на отдельных площадях (склоны Клинцовского выступа и Перелюбская впадина). В северной части в ряде районов в подошве серпуховских отложений прослеживается 20-50 м. пласт «покровских» глин (тарусский горизонт). Известняки: обломочные, биоморфные, биогермные, доломиты вторичные: характерны перекристаллизации, доломитизация, окремнение, сульфатизация, а также трещиноватость и выщелоченность. В коллекторах установлены поровый, каверно-поровый, порово-трещинный и трещинный типы. Пористость изменяется в пределах 25-30%, проницаемость по керновым определениям – 2,6 дарси, в зонах поглощения промывочной жидкости – сотен тысяч дарси. Коллекторские свойства пород ухудшаются к

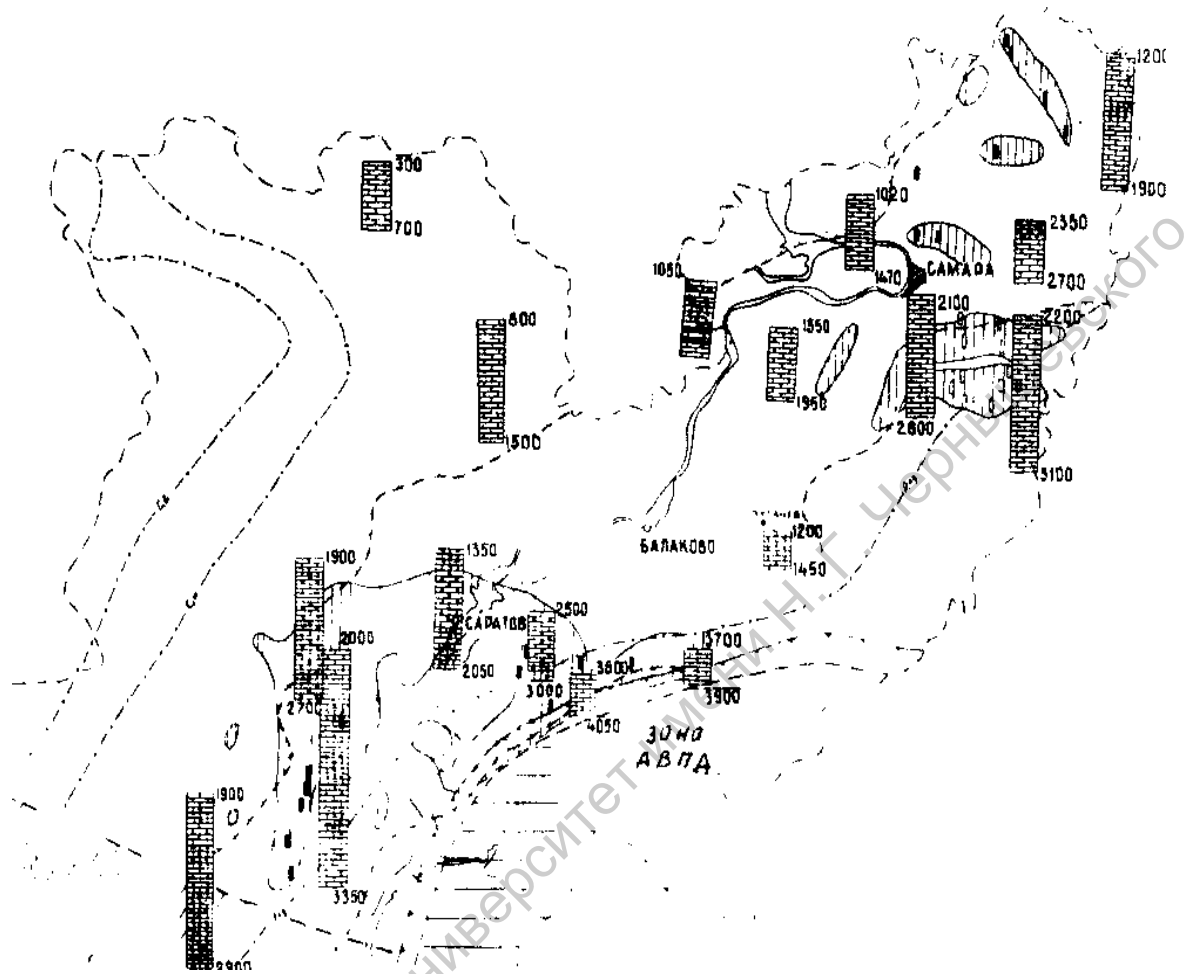


Рис. 3.3.2.-1. Сроение 2-го (надтульского) резервуара (условные обозначения те же, что и к рис. 3.3.1.-1.).

югу от Коробковской структуры (Волгоградская область).

По данным исследований по площади развития второго резервуара выделяются две зоны размещения высокоёмких и высокопроницаемых пород: 1-ая, связана с площадями Доно-Медведицких и Саратовских дислокаций, Степновского вала, Жигулёвско-Пугачёвского свода и Каменско-Кинельской впадины. 2-ая, - с бортовым уступом Прикаспийской впадины.

Крупные провалы ( $>1$  м) зафиксированы на Восточно-Умётской, Западно-Ровенской, Краснокутской и Южно-Ершовской площадях.

На рис. 3.3.2.-2. приведены данные о поглощениях в окско-серпуховских отложениях. Поглощения приурочены к береговой зоне Волгоградского водохранилища, т.е. к зоне активных разломов. К западу на Приволжской моноклинали в скважинах поглощений нет.

Исследования, показали, что раскрытость трещин  $>20$  мм характерна только для бортового уступа Прикаспийской впадины. На других структурах такой вид коллекторов отмечен лишь на Жирновской и Бахметьевской, характеризующихся наибольшей неотектонической активностью. Показательно, что именно на них нарушается принцип приуроченности поглощений к определенным интервалам разреза. Здесь зоны поглощения равномерно распределены по всему разрезу резервуара.

Отмеченное ухудшение коллекторских свойств резервуаров в южных районах Волгоградской области подтверждается распределением показателей (провалы, поглощения, раскрытость каналов). На карте (см. рис.3.3.2.-1) к югу от широты Коробковского поднятия поглощений во 2-ом резервуаре нет.

**3.3.3. 3-й резервуар.** Карбонатная толща **D<sub>3</sub>** и турнейского яруса **C<sub>1</sub>** распространена практически повсеместно. Снизу она подстилается кыновскими глинами, на которые ложатся карбонатные породы саргаевского, семилукского, алатырского (петинского), воронежского, евлановского, ливенского, задонского, елецкого, данковского и лебедянского горизонтов **D<sub>3</sub>** и турнейского яруса **C<sub>1</sub>**. Сверху они перекрываются глинами тульского и бобриковского

горизонтов. Толщины резервуара изменяются от 200 до 1000 м, что определяется условиями осадконакопления и размывами в предфаменское, предтурнейское и предвизейское времена. В пределах локальных впадин: Тепловской, Марксовской и других, толщины - 800 м, на Степновском валу - 300-600 м, выступах Жигулёвско-Пугачёвского свода - 200 м.

К югу от Коробковского поднятия карбонатные отложения  $D_3$  замещаются терригенными и далее выклиниваются. На территории Самарской области минимальные толщины (250 м.) связаны с осевой зоной Камско-Кинельской впадины. В окружающих впадину древних прогибах толщина пород резервуара увеличивается до 600-700 м. Её уменьшение связано с эрозионными врезами, в которых размывы турнейские отложения. В пределах внутришельфовых впадин отлагались слоистые известняки доманикового типа, обогащённые глинистым материалом, с низкими коллекторскими свойствами. В бортовых частях Прикаспийской впадины развиты рифогенные образования, которые являются хорошими коллекторами.

На рис.3.3.3.-1. показаны зоны поглощения и провалов инструмента, которые четко фиксируют зоны распространения рифовых фаций  $D_3$ , начиная от Ново-Коробковской структуры на север вдоль западного борта Уметовско-Линевской впадины (Котовская, Верхне-Добринская площади), в зоне Саратовских дислокаций и по Степновском валу. Средние значения пористости пород-коллекторов изменяются в пределах 7,5-13,8%, однако, для пород биогермного типа, достигают 15% [121]. Большую часть разреза биогермного типа составляют доломиты, характеризующиеся наличием крупных пор, каверн, трещин, стилолитовых швов разной степени раскрытости. По керну, отдельные пустоты достигают 20 см, в ряде скважин отмечены провалы до 5 м.

Если сравнивать в целом по всему региону размещение провалов и зон поглощений в 3-м резервуаре, с аналогичными параметрами 1-го и 2-го, то можно отметить чёткое совмещение зон повышенной проницаемости. Это подтверждает представление о ведущей роли тектонического фактора, в частности новейших тектонических движений, при формировании

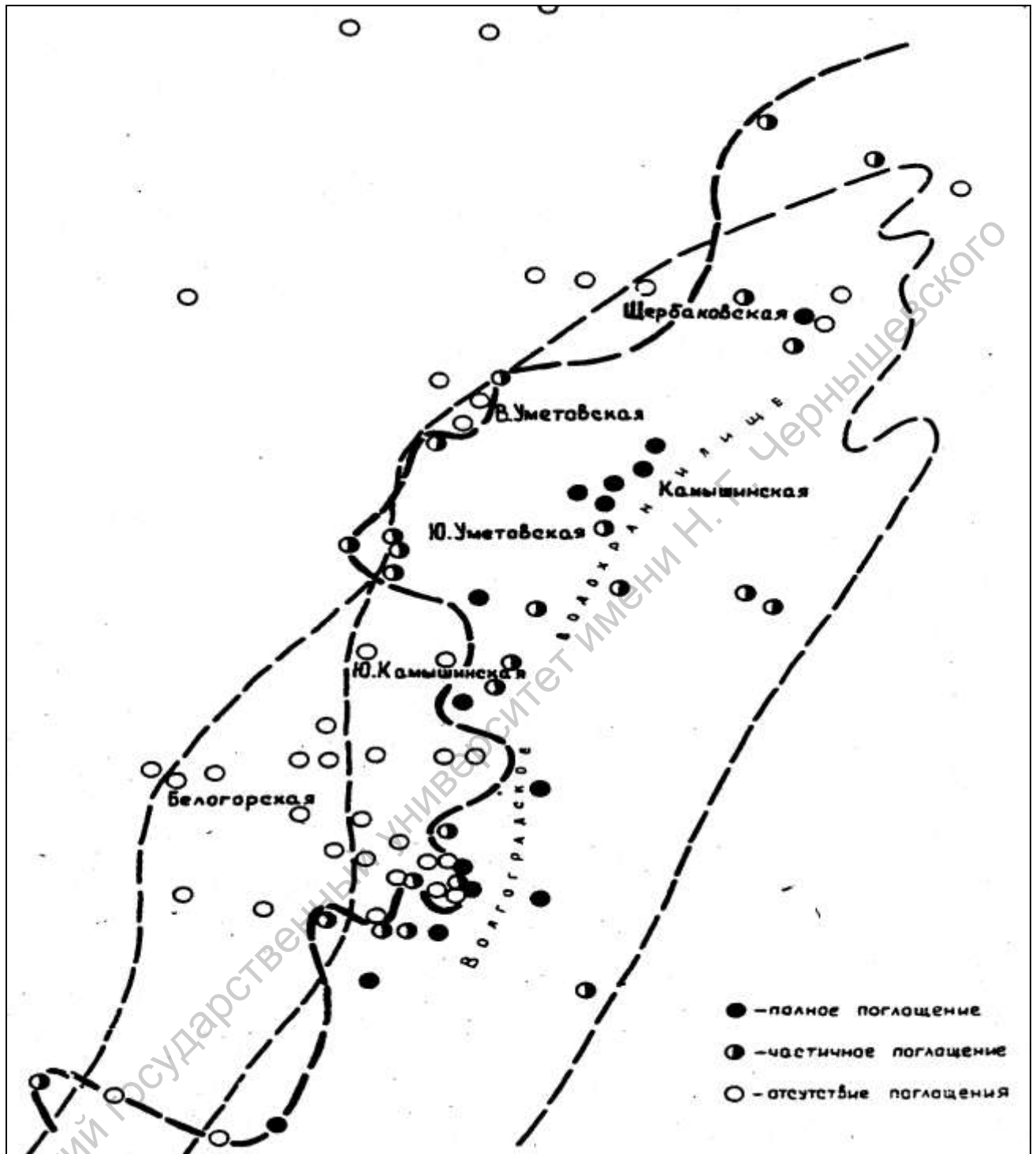


Рис.3.3.2.-2. Данные о поглощениях промывочной жидкости в окско-серпуховских отложениях (Камышинский участок)

коллекторских свойств резервуаров. Особенностью распределения высокоемких зон, является локализация в боковых частях девонских палеовпадин. В этих условиях повышается неоднородность резервуаров. Наряду с высокоемкими и высокопроницаемыми биогермными породами формируются породы с низкой пористостью (<5%) и низкой проницаемостью. Как правило, при испытании таких карбонатных пород притоков в скважинах не получено.

Связь зон поглощений и провалов трёх резервуаров хорошо прослеживается для Терсинской площади (см. рис.3.3.3.-3.) и для Ровенско-Краснокутского участка (см. рис. 3.3.3.-2.) В обоих случаях наблюдается площадное совпадение этих показателей с тектоническими элементами: в первом случае - основные тектонические нарушения Терсинской впадины, во втором - бортовой уступ Прикаспийской впадины.

Анализ гидрогеологических разрезов различных структур показал, что изменение минерализации водоносных горизонтов отражает положение основных водоупоров. Для Доно-Медведицких дислокаций водоупором служит верейско-мелекеская толща: минерализация растёт от 20-30 до 100 г/л и выше (см. рис.3.3.3.-4). Однако и выше водоупора на Арчединской и Жирновской структурах минерализация увеличивается, что свидетельствует о недостаточно совершенных свойствах этих водоупоров.

Несовершенство водоупорной толщи негативно проявится при закачке сточных вод в нижележащие резервуары, когда резко возрастает градиент напоров по разрезу. Косвенным свидетельством не герметичности покрышки являются высокие концентрации гидрокарбонат-иона в верхних частях разреза рассматриваемых структур. Этот показатель говорит о развитии гипергенных процессов (восстановлении сульфатов углеводородами), что возможно лишь при микробиологическом заражении горизонтов связанных с зоной аэрации.

#### 3.3.4. Фильтрационно-ёмкостные свойства карбонатных резервуаров.

Изучение фильтрационно-ёмкостных свойств карбонатных резервуаров

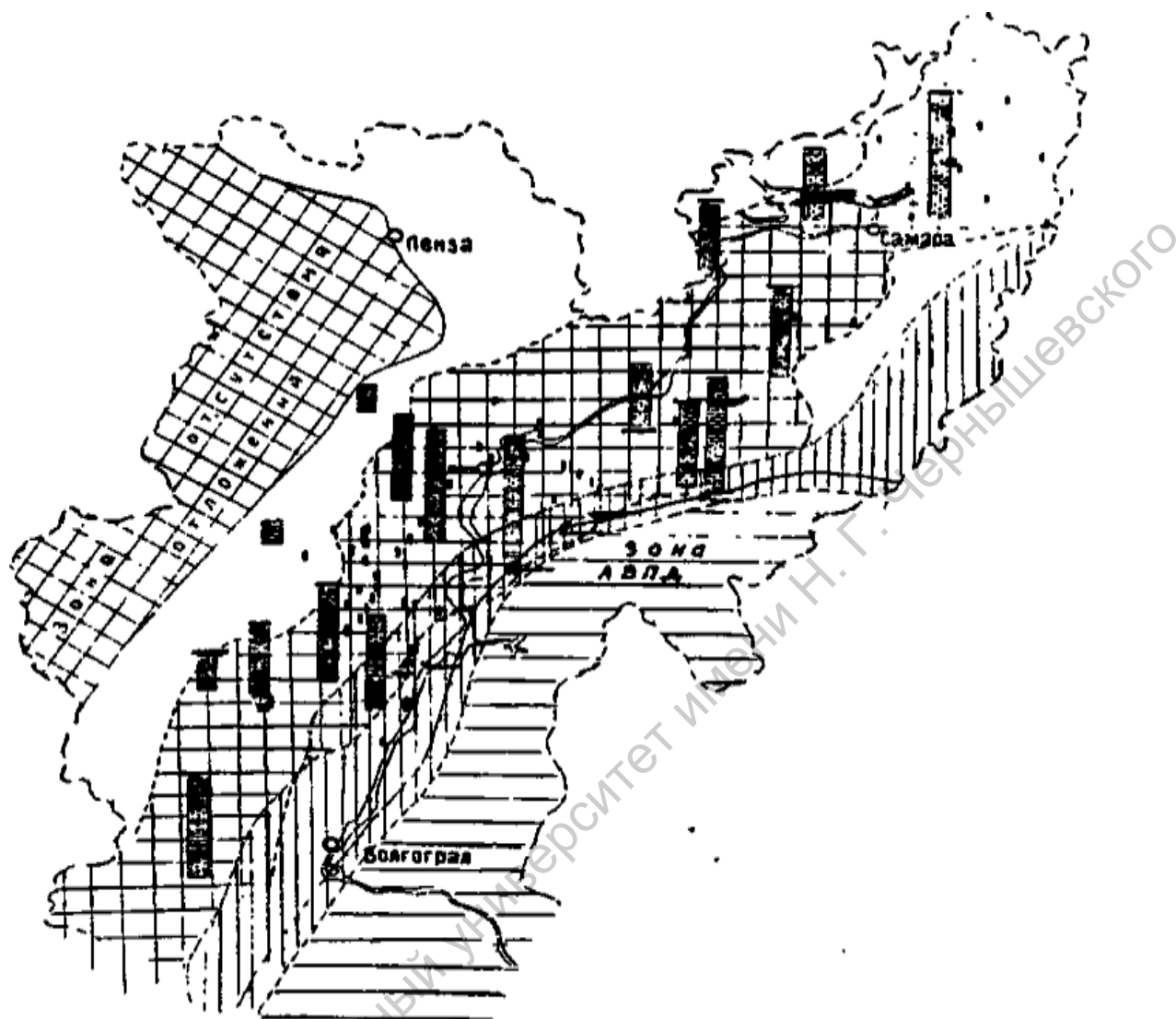
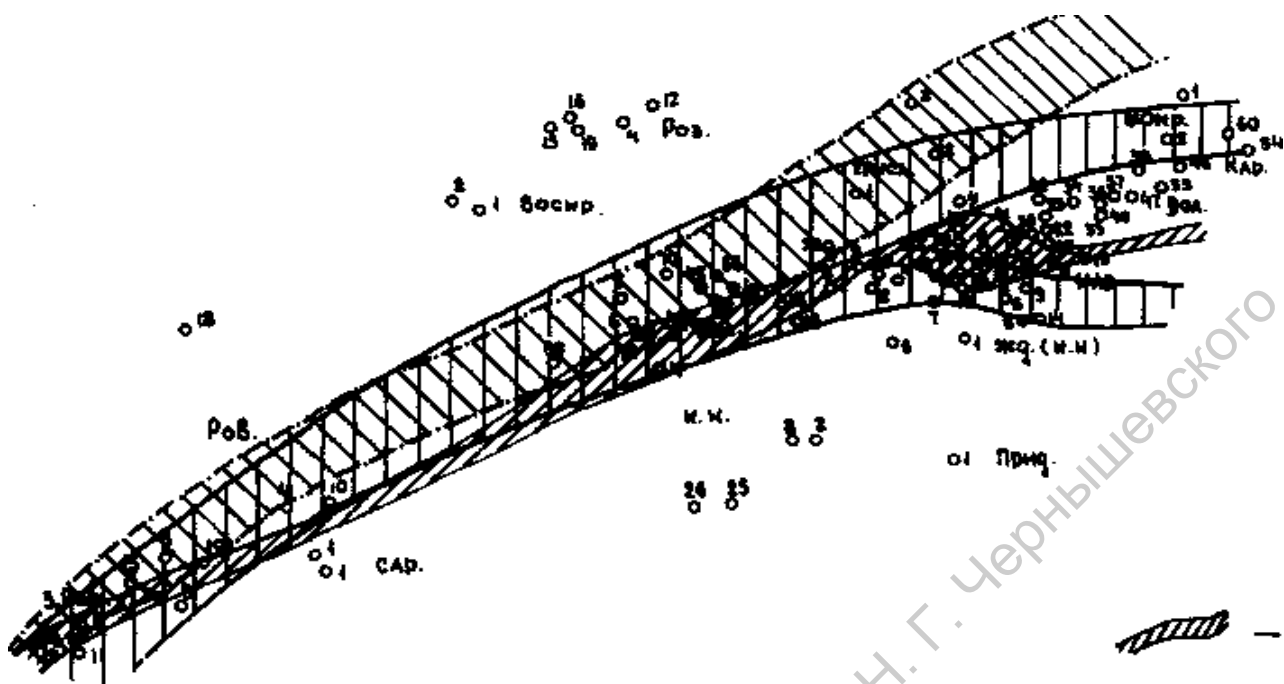


Рис.3.3.3.-1. Строение 3-го надкыновского резервуара (условные обозначения те же, что на рис. 3.3.1.-1)



Условные обозначения: - участок распространения зон поглощения в перми, то же в карбоне, то же в девоне.

Рис. 3.3.3.-2. Распространения зон поглощения в отл. Р, С и D на Ровенско-Краснокутском уч-ке

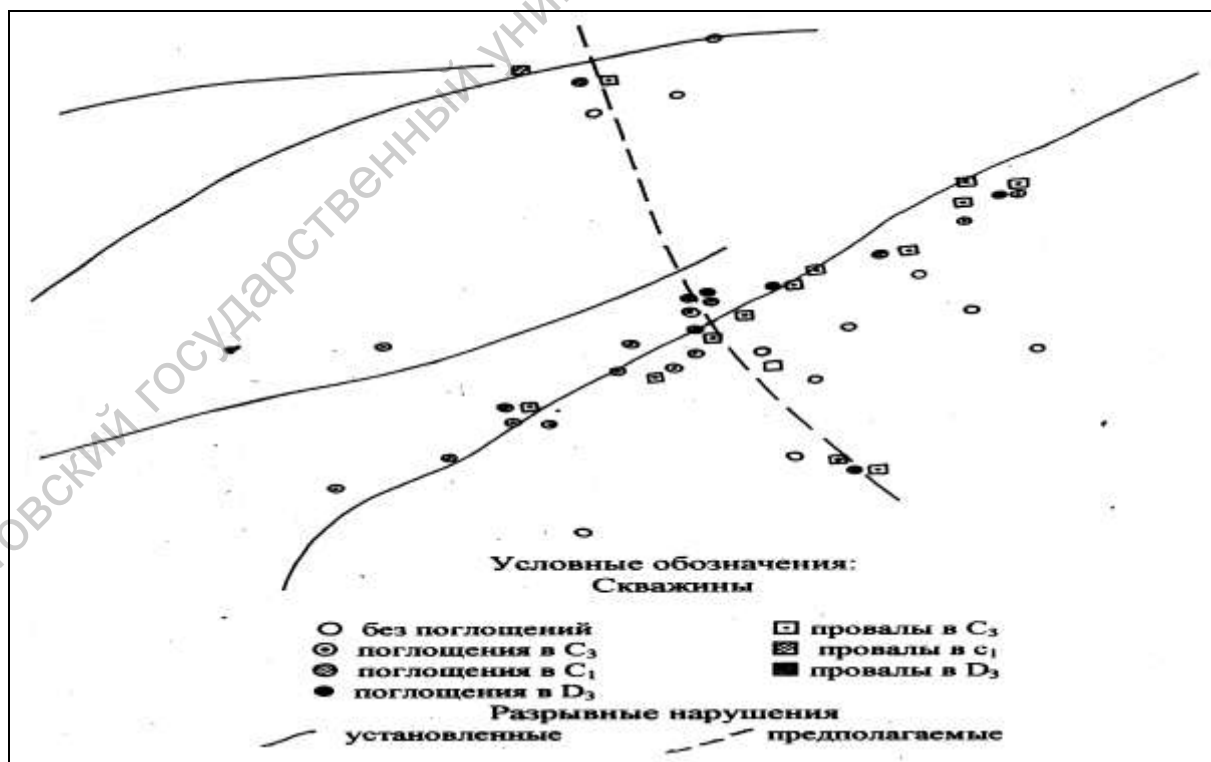


Рис. 3.3.3.-3. Характер размещения зон поглощений Терсинской площади



С. 23-2497

Рис. 3.3.3.-4. вставить! Сканированный или отксерить

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

возможно лишь на основе представлений о строении карбонатных массивов. Их изучению посвящен целый ряд работ. В основу данного раздела положены результаты многолетних исследований А.Н.Кукина [157, 158], а также наших совместных работ [7] и публикаций [5, 68]. Информация о возможности присутствия МПК и МПП (межблоковом полостном пространстве) по С.В.Денк, нами не учитывалась.

По данным керновых исследований, известно, что карбонатные породы обладают низкой первичной пористостью, не  $>5\%$ , и практически непроницаемы. Исключение представляют оолитовые и некоторые биогермные разности, первичная пористость которых может достигать 15-25%, а проницаемость – единиц миллиарда. Противоречие между их низкой первичной пористостью и высокой проницаемостью, проявляющейся при поглощении буровых растворов, является кажущимся. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что поглощения промывочной жидкости наблюдаются лишь в зонах, где первичная структура карбонатных пород нарушена вторичными (эпигенетическими, катагенетическими и др.) процессами: растрескивания, выщелачивания, карстификации, метасоматоза, перекристаллизации и т.д. В породе появляется сеть макроканалов типа крупных пор, каверн, карстовых полостей, которые и являются путями движения буровых растворов из ствола скважины в пласт.

Критерием выделения нарушенных зон являются поглощения промывочной жидкости при бурении. Поскольку макроканалы в карбонатных толщах имеют вторичное происхождение, то и развиты они по разрезу и по площади на участках, где вторичные процессы на различных этапах геологической истории были наиболее интенсивными. К таким участкам относятся области повышенной тектонической активности, части разреза, прилегающие к поверхностям древних размывов, а также разности пород, имеющие высокую первичную пористость и повышенную водорастворимость.

В карбонатном массиве как бы существует две системы каналов, гидравлически связанные между собой и в то же время существенно

отличающиеся друг от друга по генезису и природе.

Карбонатный массив в большинстве случаев состоит из отдельных пластов, различающихся между собой фаціальным составом, морфологии порового пространства, текстурно-структурным особенностям и фильтрационно-ёмкостным свойствам. Слоистая среда обладает анизотропией проницаемости, то есть проницаемость вдоль напластования выше, чем в поперечном направлении. Однако, все горные породы в той или иной степени трещиноваты. Карбонатные породы, по сравнению с другими породами, обладают гораздо большей трещиноватостью. Поэтому карбонатные резервуары чаще всего имеют массивно-пластовое строение, причём степень гидравлической связи пластов поперек напластования зависит, в основном, от интенсивности развития тектонических трещин, которые расчленяют слоистую толщу пород на отдельные блоки. Вторичные процессы: перекристаллизация, выщелачивание и карстификация наиболее интенсивны в плоскостях и на пересечениях межблоковых трещин, а также в пластах с высокой первичной проницаемостью. Эти факторы приводят к формированию в породе вторичной пористости в виде открытых, а чаще заполненных кальцитом, гипсом, кварцем, обломочным материалом каналов, раскрытость которых изменяется от долей миллиметра до десятков сантиметров. Если каналы в породе формируются по линиям тектонических нарушений или крупных трещин, то раскрытость их может достигать нескольких метров.

Внутри блоков вторичные процессы идут в меньшем объёме, поэтому в них часто сохраняется первичная пористость породы.

В рифовых массивах резервуары чаще имеют массивный характер, а макроканалы в биогермных телах представлены, в основном, полостями выщелачивания и карста различных направлений.

По результатам ГИС получены те же самые выводы о фильтрационно-ёмкостных свойствах трещиноватых карбонатных пород, что и другими методами.

Таким образом, в карбонатном массиве система каналов развитая по

трещинам, по пластам с высокой проницаемостью и в биогермах, определяющая фильтрационные свойства резервуара, сочетается с внутриблоковой пористостью (возможно, это МПК и МПП), которая характеризует ёмкостные параметры породы.

Геофизические и гидродинамические исследования нарушенных зон на площадях Саратовско-Волгоградского Поволжья, показали, что в большинстве случаев они приурочены к одним и тем же пластам, хорошо коррелирующимся по всей исследуемой территории: к отложениям  $P_1$  (сакмарский, артинский, ассельский ярусы),  $S_3$  (оренбургский и гжельский ярусы), мячковского горизонта, нижнебашкирского и окско-серпуховского подъярусов и  $D_3/$

Характер распространения крупных каналов в карбонатных массивах четко просматривается по сводным схемам поглощений, построенным по многим площадям Саратовско-Волгоградского и Самарского Поволжья. Принцип построения сводных схем был дан в 1966 г. А.Н.Кукиным с соавторами [266]. В работе сводная схема представлена в виде кривых распределения поглощений по разрезу нескольких площадей (см. рис.3.3.4.-1).

При её анализе видно, что, в основном, поглощения на всех площадях приурочены к одним и тем же горизонтам отдельных стратиграфических подразделений. Но есть и исключения. Например, на Жирновской, Бахметьевской площадях поглощающей является вся толща карбонатных каменноугольных отложений. Характерно, что площади расположены в тектонически активных зонах. Жирновско-Бахметьевский блок в преакчагыльскую фазу тектогенеза и последующее время испытал вертикальное перемещение не менее чем на 650 метров.

Это дает право предполагать, что особенности распределения поглощающих интервалов по разрезу на этих площадях объясняются наличием тектонических трещин. Результаты специальных исследований и практика буровых и изоляционных работ подтверждают это предположение.

Исследование нарушенных зон комплексом геофизических и гидродинамических методов позволяет получить большой объём информации о

свойствах пород. Однако информация является суммарной характеристикой пласта и не даёт полного представления о строении породы в нарушенной зоне.

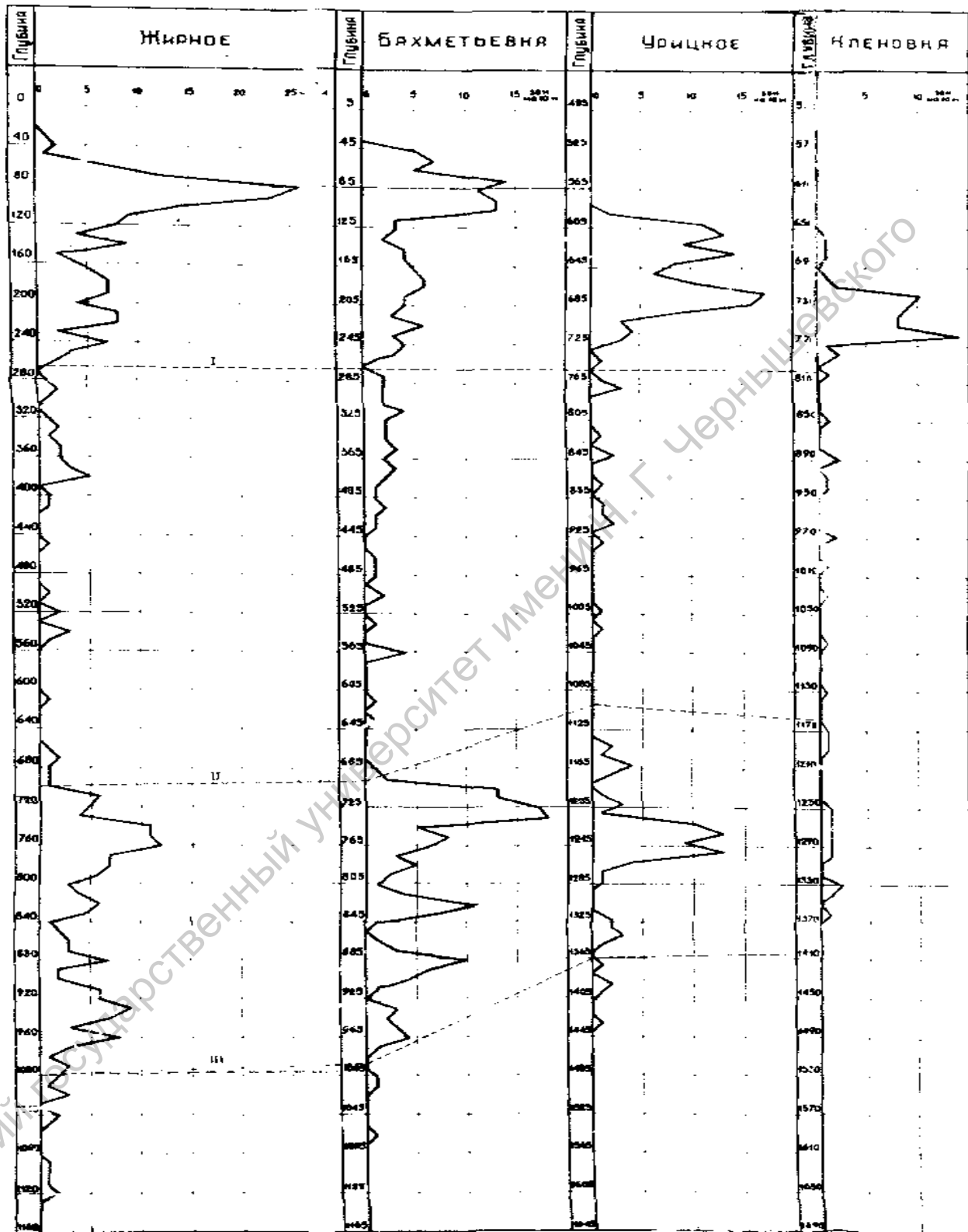
В дополнение к глубинным исследованиям на Жирновском участке в карьерах и обнажениях фиксируется множество трещин и карстовых каналов, ориентированных, в основном, перпендикулярно напластованию. Встречаются и межпластовые трещины, также расширенные карстом. Практически все макроканалы в породе здесь представлены закарстованными макротрещинами. Тектоническая трещиноватость, усиленная вблизи дневной поверхности трещинами разгрузки и выветривания. Роль поровой проницаемости и кавернозности в образовании крупных каналов в породе, незначительна.

Интересна характеристика коллекторских свойств пород по данным лабораторных измерений на керне. Из 4216 образцов карбонатных толщ, отобранных в 371 скв. на 69 разведочных площадях Поволжья, > 90% обладают пористостью < 6% и лишь 4% образцов имеют пористость > 10%. Также характерно распределение проницаемости керна: 92% всех образцов практически непроницаемы ( $K_{пр} < 0,01$  мд), проницаемость 97% образцов < 0,1 мд и < 1% всех образцов обладает проницаемостью > 0,1 дарси.

Приведённые данные не согласуются с результатами определения этих же параметров по промышленным и геофизическим материалам. Например, из 271 образцов керна, отобранных из нижнебашкирского горизонта в различных скважинах, 259 – практически непроницаемы (< 0,01 мд), и лишь 3 имеют проницаемость > 1 мд.

Из 716 образцов пород окско-серпуховского горизонта 698 оказались практически непроницаемыми, а проницаемость остальных (за исключением двух) не >1 мд. По данным 63-х промышленных испытаний алексинского горизонта на Урицкой площади равна 456 мд, а расчётная проницаемость в поглощающих интервалах на различных площадях достигает  $n \cdot 1000$  дарси.

Эти факты свидетельствуют о том, что характер пустотного пространства в карбонатных породах иной, чем терригенных. Основные отличия заключаются в том, что в терригенных преобладает межгранулярная



I – кровля подольско-каширских отложений

II- кровля прикамско-черемшанских отложений

III-кровля тульских отложений.

Рис. 3.3.4.-1. Схема распределения зон поглощений по разрезу

пористость, распределённая по пласту относительно равномерно. В карбонатных, роль межгранулярной пористости и проницаемости ниже, а фильтрация идёт по каналам вторичного происхождения.

Многие характерные черты строения нарушенных зон трещинного и кавернового типа можно проследить по результатам исследований и наблюдений проведённых в процессе вскрытия и изоляции поглощающих пластов. Было замечено, что на разных площадях поглощения промывочной жидкости проявляют себя по-разному. В большинстве скважин, пробуренных на площадях Нижнего и Среднего Поволжья, поглощения приурочены строго к одним и тем же пластам внутри карбонатных массивов, в других пластах этих же массивов поглощений или не наблюдается, или они редки и мало интенсивны. В этом случае есть основания предположить, что крупные каналы в пластах образовались в результате выщелачивания породы при фильтрации пластовых растворов вдоль пласта, они имеют характер полости выщелачивания и карста и не выходят за пределы пласта.

Но есть площади, в пределах которых поглощения наблюдаются по всей толщине карбонатных массивов. Они не коррелируются даже в соседних скважинах по пластам и по глубине. Можно предположить, что крупные каналы в этом случае образовались на основе тектонических трещин.

Как было показано ранее [266], имеются существенные отличия в строении поглощающих горизонтов на Жирновской и Клёновской площадях. В результате дальнейших исследований выяснено, что эти отличия носят принципиальный характер и являются типичными отличиями площадей, в пределах которых поглощения промывочной жидкости связаны с каналами трещинного происхождения, от площадей, где промывочная жидкость движется по каналам кавернового типа.

Процесс формирования макротрещин в породе происходит под воздействием геотектонических сил. Направление образующихся при тектонических движениях трещин совпадает с направлением систем региональной трещиноватости, но преимущественное развитие получают

трещины, направление которых согласуется с простираем основных элементов геоструктур. Открытые макротрещины образуются в местах наибольшей концентрации напряжений: в плане – на крутых крыльях и периклиналях локальных структур, по разрезу – в интервалах залегания пород, обладающих повышенной хрупкостью. В большинстве случаев открытые макротрещины являются трещинами растяжения и образуются при структуроформирующих движениях земной коры. Поскольку горизонтальные (межпластовые) трещины имеют тенденцию к смыканию под воздействием веса вышележащей толщи пород в первую очередь, то подавляющее большинство открытых макротрещин имеют **вертикальное или близкое вертикальному направления**. Открытые закарстованные трещины часто пересекают пласт по всей его толщине или секут сразу несколько пластов, соединяя их в единую гидродинамическую систему.

Закономерности распределения макроканалов в породе в зависимости от различных геологических факторов наглядно иллюстрируются кривыми распределения зон поглощения промывочной жидкости по разрезу отдельных площадей (см. рис.3.3.4.-1) и по профилям.

Проведённый анализ показал, что поглощения промывочной жидкости на территории Поволжья приурочены, в основном, к одним и тем же пластам, имеющим кавернозное строение. Макроканалы в породе сформировались на основе первичной пористости, в пластах с высокой первичной пористостью и повышенной растворимостью. Здесь на первый план выступают **литологический состав и структура** карбонатных пород.

На ряде площадей каналы в породе сформировались на основе макротрещин, в образовании которых наиболее существенная роль принадлежит механическим свойствам породы, а при выщелачивании стенок трещин – её растворимости. Ведущим фактором при образовании каналов в породе является **тектонический режим района**.

Существенное влияние на распределение макроканалов в карбонатных массивах оказывает наличие в разрезе поверхностей древних размывов.



Гипергенные процессы, нарушили первичную структуру породы, в ней образовались различные по характеру макроканалы. Детальный анализ показывает, что интенсивные поглощения наблюдаются вблизи поверхностей размыва только тогда, когда на неё выходит регионально распространенный поглощающий горизонт, в других частях карбонатных массивов поглощений не наблюдается ни на выходах на эту поверхность, ни на погружениях.

Таким образом: осложнения при бурении, связанные с поглощениями флюидов возникают при наличии нарушенных зон. Их формирование – длительный исторический процесс. Наибольшее значение имеют геологические процессы, происходившие в неотектонический этап. Все макроканалы – образования вторичные, по морфологии и характеру проявления в процессе бурения скважин их можно разделить на два типа: каверновые и трещинные. Ими определяются фильтрационные свойства карбонатных резервуаров. Ёмкостные свойства определяются, в основном, внутри блоковой пористостью, дополняемой каверновой и трещинной ёмкостью.

Из факторов геологической истории существенное влияние на формирование нарушенных зон оказывает **тектонический режим района**. Из особенностей геологического строения: литологический состав, растворимость и механические свойства пород, местоположение областей питания и разгрузки пластовых вод, наличие и расположение в разрезе зон размывов и водоупоров.

### 3.4. Результаты изучения новейшей тектоники, трещиноватости и мегатрещиноватости.

#### 3.4.1. Неотектоническое районирование.

За нижнюю границу новейшего тектонического этапа для Среднего и Нижнего Поволжья принято начало позднеолигоценового времени. Суммарная амплитуда неотектонических движений определялась как разность между современным положением реконструированной поверхности морских

палеогеновых отложений (и смежных участков суши) и её положением на время регрессии последнего морского бассейна (Карта новейшей тектоники Северной Евразии, под ред. А.Ф.Грачёва). [139].

Большая часть исследуемой территории расположена на юго-востоке Восточно-Европейской платформы. В связи со значительной активностью движений в новейшем этапе тектогенеза структурный план территории сильно усложнился [93, 294]. Отдельные структурной формы из отрицательных превратились в положительные, другие вновь возникли на древних моноклиналях, третьи – разрослись и дифференцировались.

На схеме неотектонического районирования Среднего и Нижнего Поволжья выделены крупные структуры первого порядка и более мелкие – второго (см. рис.3.4.1.-1.).

В пределах выделяемой здесь Русской плиты присутствуют структуры первого порядка: Волго-Уральская и Воронежская антеклизы, Прикаспийская синеклиза и не вошедшие в их состав структуры второго порядка: Ломовско-Цимлянский мегапрогиб и Доно-Медведицкий мегавал.

#### **Волго-Уральская антеклиза.**

Структурная форма протяженностью свыше 1000 км в пределах территории располагается своей юго-западной частью, на юге она смыкается с Прикаспийской синеклизой, на западе отделяется от Воронежской антеклизы Ломовско-Цимлянским мегапрогибом. На протяжении новейшего этапа антеклиза характеризуется неустойчивым тектоническим режимом, с тенденцией к вздыманию. Она разбита системой региональных разломов, в ее пределах выделяются: Токмовский, Татарский, Жигулёвско-Пугачёвский своды, Присаратовский мегавал, Мелекесская и Бузулукская впадины. Наиболее крупными разломами являются Жигулёвский и Волжский.

#### **Токмовский свод (I).**

Он занимает обширную территорию в северо-западной части Волго-Уральской антеклизы и осложнён структурами третьего порядка: Сурско - Мокшинским, Присурским, Свяжским, Борлинским валами, Верхнесурским

прогибом и рядом депрессий.

#### **Татарский свод (IV).**

Расположен на крайнем северо-востоке территории и заходит в неё своим южным склоном. На западе он граничит с Мелекесской, а на юге – с Бузулукской впадинами. В современном рельефе выражен денудационной равниной олигоценового возраста. В его пределах выделены структурные формы третьего порядка: Елховско-Боровской, Серноводско-Шунгутский и Байтуганский валы.

#### **Жигулёвско-Пугачёвский свод (V).**

Структурная новейшая форма второго порядка. На севере по Жигулёвскому разлому граничит с Мелекесской, а на востоке – с Бузулукской впадинами. На юге граница проходит по зоне сочленения Волго-Уральской антеклизы и Прикаспийской синеклизой. На западе Приволжским прогибом свод разделяется на две части. Восточная часть расположена в пределах Самарского и Саратовского Заволжья, западная, на Саратовском правобережье.

В его пределах выделяется Жигулёвский, Обшаровский, Безенчукский, Красноармейский, Хворостянский валы и Приволжский прогиб.

#### **Присаратовский мегавал (II).**

Расположен на пересечении древнего палеозойского Рязано-Саратовского прогиба и мезозойско-палеоцен-эоценовой Ульяновско-Саратовской синеклизы. Структура вытянута в северо-восточном направлении. Мегавал объединяет Саратовскую группу структур третьего порядка и представляет собой кольцеобразно замкнутую систему валов. Амплитуда движения в пределах мегавала изменяется от 300 до 850 м. Он усложнен структурами третьего порядка: Елшано-Сергиевским, Слепцово-Оркинским, Радищевско-Тёпловским, Карабулакским валами и Корсаковской депрессией.

#### **Мелекесская впадина (III).**

Расположена в пределах Заволжья на территории Ульяновской, Самарской областей и Татарии. В Пензенскую область заходит своим юго-западным окончанием, которое выражено двумя прогибами: Елшанским и

Неверкинским. В Самарской области - Ставропольской депрессией.

### **Бузулукская впадина (VI).**

Расположена на юго-востоке Самарской области. Как отрицательная структура формировалась на протяжении позднего палеозоя и второй половины мезозоя. Сначала новейшего этапа здесь продолжалось медленное прогибание. В современную эпоху территория испытывает восходящее движение. В её пределах выделяются структурные формы третьего порядка: Кинель-Черкасский, Алексеевский, Кутлукский и Орехово-Мокшинский валы.

Помимо вышеописанных неотектонических структур в пределах Волго-Уральской антеклизы выделен целый ряд новейших структурных форм третьего порядка, не объединенных в состав структур второго порядка. К ним относятся: Ртищевско-Калининский, Сердобско-Мокшинский, Золотарёвский, Кикинский, Раковский, Каменский, Советско-Степновский, Ровенско-Краснокутский и Южно-Камеликский валы, Общесыртовское поднятие, Пензенский и Неверкинский прогибы, а также Аткарско-Петровская, Марковская, Чалыклинская и Южно-Чалыклинская депрессии.

### **Жигулёвский разлом.**

Он разделяет Жигулёвско-Пугачёвский свод и Ставропольскую депрессию и протягивается вдоль северной границы свода на 200 км. Вдоль него на протяжении длительного геологического времени непрерывно прерывисто происходили вертикальные перемещения земной коры. Общая величина вертикального подъема этого участка относительно смежной с ним Ставропольской депрессии составляет 800-850 м.

Восточная часть Самарской Луки осложнена мелкими разломами, поперечными к осевой линии Жигулёвского вала. Эти разломы, проявившиеся в новейшее время, трассируются глубокими оврагами и сильной трещиноватостью каменноугольных и пермских пород.

### **Волжский разлом**

Он ограничивает Приволжскую депрессию с запада и определяет общее направление долины Волги к югу от Жигулей. Представляет собой наглядный

С. 23-24109

Рис. 3.4.1.-1. Карта новейшей тектоники Среднего и Нижнего Поволжья

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

пример проявления неотектоники в рисунке речной сети. Прямолинейные отрезки Волги на участке от с. Приволжского до г. Маркса свидетельствуют о заложении её вдоль разлома. На связь речной долины с разломами указывают резкие повороты и направления под углом  $90^\circ$  у г. Балаково и г. Маркса.

### **Воронежская антеклиза.**

Эта крупная неотектоническая форма небольшим участком своего юго-восточного пологого склона. Антеклизе свойственны амплитуды неотектонических движений от 200 до 400 м, значения которых увеличиваются с востока на запад.

### **Прикаспийская синеклиза.**

Она расположена в юго-восточной части региона, крупная отрицательная структура первого порядка, унаследовавшая общий структурный план, морфологию и знак тектонических движений с палеозоя. На севере сочленяется с Волго-Уральской антеклизой, с запада ограничивается Волгоградским разломом. В её пределах широко развиты соляно купольные структуры и дизъюнктивные нарушения. Характерно унаследование новейшими структурами характера движений и структурного плана с историей формирования синеклизы. Крупные структурные формы более древнего заложения находят отражение в проявлении неотектонических движений. В пределах синеклизы выделяется Узени-Ичкинский мегавал, а также большое число новейших структурных форм третьего порядка.

### **Узени-Ичкинский мегавал (VII).**

Расположен во внутренней при бортовой зоне Прикаспийской синеклизы. Основную роль в его структурном становлении играет соляная тектоника. Интенсивное движение, испытанное им на новейшем этапе, нашли отражение в значительном увеличении амплитуды движений, достигающей в пределах отдельных соляно-купольных структур 900 и более метров, и в образовании разрывных нарушений, осложняющих новейшие структурные формы.

В пределах Русской плиты, на исследуемой территории выделены неотектонические структуры второго порядка, разделяющие Волго-Уральскую,

Воронежскую антеклизы и Прикаспийскую синеклизу. К ним относятся Ломовско-Цимлянский мегапрогиб и Доно-Медведицкий мегавал.

#### **Ломовско - Цимлянский мегапрогиб (IX).**

Протягивается с севера на юг на расстояние 500 км, достигая ширины 90 км. Отчётливо фиксируется по уменьшению амплитуды движений до 200-300 м и возрастанию толщины неоген-четвертичных отложений до 80-100 м. Формирование мегапрогиба связано с проявлением интенсивных тектонических движений, которые испытали в олигоцене смежные с ним структурные элементы. Ульяновско-Саратовская синеклиза в новейший этап была вовлечена Волго-Уральской антеклизой в общее воздымание. Западная часть синеклизы совпала с зоной Ломовско-Цимлянского мегапрогиба. В его пределах выделены структуры третьего порядка: Аркадакская, Терсинская и Михайловская депрессии.

#### **Доно-Медведицкий мегавал (X).**

Расположен в центральной части Волгоградского правобережья. К наиболее приподнятым участкам приурочены выходы на поверхность отложений каменноугольного и юрского возрастов. Амплитуда движений изменяется от 175 до 850 м. Он сформирован тектоническими движениями новейшего этапа и является по отношению к более древней структуре, новообразованным. На ряде участков мегавал осложнён разрывными нарушениями, ориентированными параллельно простиранию новейших структур. В его пределах выделяют структуры третьего порядка: Жирновско-Иловлинского, Чухонастасьевско-Липовский, Арчединско-Донской валы и Ольховская депрессия. Крутые внешние крылья валообразных поднятий образуют флексуры, ограничивающие мегавал с запада, со стороны Ломовско-Цимлянского прогиба и с востока, на границе с Прикаспийской синеклизой.

#### **3.4.2. Зона повышенных амплитуд новейших тектонических движений.**

Приведенное неотектоническое районирование не достаточно полно

характеризует один из основных неотектонических показателей: амплитуду новейших движений территории. Оно не позволяет провести подробный анализ новейших движений и сопоставить эти данные как с трещиноватостью и мегатрещиноватостью, так и с распространением нефтегазовых месторождений, данными по поглощениям и провалам бурового инструмента, а также по другим геолого-гидрогеологическим показателям.

Для этой цели была построена карта амплитуд новейших тектонических движений Среднего и Нижнего Поволжья в масштабе 1:1 000 000, с показом на ней амплитуд движений в изолиниях через 150 м. Основой послужили: «Карта новейшей тектоники Среднего и Нижнего Поволжья» м-ба 1:500000 и собственные материалы [7].

На карте нашли отражение участки и зоны высоко амплитудных и низко амплитудных структур и зон с амплитудой движений от +1000 м до -1200 м, а также все разломы и разрывные нарушения. На ней проявилась зона повышенных амплитуд с абсолютными значениями от 300-500 и до 800-900 м, простирающаяся через всю территорию с юго-запада на северо-восток шириной от 80 до 200 км и протяжённостью до 1000 км (см. рис.3.5.-1).

Эта зона с запада, северо-запада и частично севера ограничивается значениями амплитуд новейших движений от 0 м до 250-300 м, приуроченными к Терсинской, Михайловской, Аткарско-Петровской депрессиям на западе, и Ставропольской депрессией на севере.

На юге, юго-востоке и востоке региона зона повышенных амплитуд ограничивается депрессиями Прикаспийской синеклизы. Амплитуда новейших движений здесь изменяется от -250 м в депрессиях, до +800 м в пределах соляных куполов. Однако характер расположения соляных куполов в виде отдельных «пятен» не позволяет объединить эти участки с выделенной зоной.

На северо-востоке, в пределах Волго-Уральской антеклизы, зона повышенных амплитуд ограничивается участками пониженных амплитуд (от +100 м до +250 м) приуроченными к новейшим депрессиям: Южно-Чалыклинской и Чалыклинской.



Зона повышенных амплитуд неоднородна и включает в себя как участки со значениями амплитуд от 300-500 до 800-900 м, совпадающие с крупными положительными структурами, такими как Доно-Медведицкий и Присаратовский мегавалы, Жирновско-Иловлинский. Арчедино-Донской, Жигулёвский валы, Жигулёвско-Пугачёвский и Татарский своды, так и участки с амплитудами от 0 м до 250 м, приуроченными к отрицательным структурам – Ольховской и Марксовской депрессиям, Приволжскому приразломному прогибу и северной части Бузулукской впадины. Однако участки с амплитудами от +400 и более метров в целом в этой зоне явно преобладают.

Обращает на себя внимание резкая граница этой зоны с участками пониженных амплитуд, совпадающая с большим количеством разрывных нарушений и разломов: Жигулёвским, Волжским, различными флексурами и бортовым уступом Прикаспийской синеклизы, приуроченностью к ней территорий с повышенной сейсмической активностью [241]. Поэтому можно говорить об «облекании» Прикаспийской синеклизы, выделяемой зоной повышенных амплитуд, что хорошо прослеживается в южных частях региона.

Все перечисленные факты говорят о сложном строении зоны повышенных амплитуд новейших движений и, возможно, её неоднородном происхождении и истории развития. В то же время обращает на себя внимание тесная взаимосвязь между зоной повышенных амплитуд новейших движений Среднего и Нижнего Поволжья и распространением различных геолого-гидрогеологических показателей.

#### 3.4.3. Изучение трещиноватости по ключевым участкам.

Трещиноватость изучалась в карьерах, естественных выходах пород, как в вертикальных стенках, так и на отдельных горизонтальных площадках.

При статистической обработке наиболее хорошо системы трещин выражаются на розах-диаграммах трещиноватости, которые несут основную информацию. В качестве примера можно указать данные роз-диаграмм по

некоторым из участков: Жирновскому (Волгоградская), Жигулёвскому (Самарская), Пугачёвскому (Саратовская) и Фроловскому (Волгоградская области). На них отразились системы трещиноватости, характеризующие условия каждого из участков. Если для Жирновского из систем трещин выделяются: меридиональная ( $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$ ) и субмеридиональная ( $345^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ;  $165^{\circ}$ - $195^{\circ}$ ) системы, то для Жигулевского, преобладающими становятся диагональные системы ( $315^{\circ}$ - $330^{\circ}$ ;  $135^{\circ}$ - $150^{\circ}$ ) и ( $30^{\circ}$ - $45^{\circ}$ ;  $210^{\circ}$ - $225^{\circ}$ ).

В пределах Фроловского и Пугачевского участков преобладающими системами являются системы трещин субширотного и широтного направлений ( $75^{\circ}$ - $105^{\circ}$ ;  $255^{\circ}$ - $285^{\circ}$ ). В тоже время обращает на себя внимание различный характер проявления трещиноватости по всем участкам.

Если на Жирновском и Жигулёвском системы трещиноватости выделяются в виде чётких пиков на розах-диаграммах с преобладанием обычно двух, реже трех направлений, то по Фроловскому и Пугачёвскому, эти пики выражены значительно хуже и как бы «размазаны» по всем направлениям. Особенно характерно это для Липкинского и II Фроловского карьеров, разработка которых ведется взрывными работами.

Уделялось внимание вопросам длин трещин и зависимости длин от азимутов направления. На площадках (с. Ширяево, Самарская область) размером 50 м x 15 м и 15 м x 5 м фиксировались следующие показатели: длина и ширина трещин, азимут направления, характер заполнения трещин, раскрытость и т.д. Анализ результатов, с помощью бинарных диаграммах зависимости длин и азимутов направления, а также на гистограммах распределения длин трещин, помогли разобраться с вопросом о типах и видах трещиноватости и их происхождении.

подавляющая часть (75%) всего массива трещин характеризуется длиной до 60 см. Порядка 20% - имеет длину от 60 см до 150 см, и лишь около 5%, составляют трещины от 150 см до 400 см.

Эти показатели согласуются с данными по визуальному изучению и описанию трещин по другим участкам, а также работами предыдущих

исследователей, которые выделили тектонические, планетарные, экзогенные и техногенные трещины с характеристикой их основных параметров.

Дополнительной информацией по изучению трещиноватости служили данные по углам падения трещин и зависимости их от азимутов направления.

На диаграммах проявилась приуроченность основной массы трещин к вертикальным –  $90^{\circ}$  и субвертикальным –  $80^{\circ}$ - $85^{\circ}$  углам падения. Вместе с тем, проявилась система трещиноватости с углами падения  $65^{\circ}$ - $75^{\circ}$ , отражающая, возможно, другие условия формирования этих зон: Жирновский участок, Водинский карьер, карьер «Красная Глинка» и др.

Изучение трещиноватости Поволжья позволяет сделать следующие выводы. Всю трещиноватость можно разделить на четыре вида:

**Тектоническая трещиноватость** отражает процесс развития тех или иных локальных тектонических структур: эти трещины отличаются от других, своей протяженностью (150 и  $>$  см.) и постоянством направления, большей частью, не совпадающего с простираем пластам.

**Планетарная трещиноватость** – отражает общее развитие земной поверхности. Её происхождение связывается с планетарными причинами, в частности, с изменениями ротационного режима планет. Этот тип проявляется на розах-диаграммах всех участков в виде систем диагональной трещиноватости, дополняя тектоническую или накладываясь на неё.

**Экзогенная трещиноватость** – обусловлена степенью влияния на породу экзогенных процессов (выветривания). По мере приближения к поверхности, появляются и затем увеличивается количества трещин (до 60 см), отличающихся от тектонических, по мелким изгибам, резким отклонением от вертикального направления и общего простираем основной трещиноватости.

**Техногенная трещиноватость** развита там, где проводятся взрывные работы. Трещины развиваются по всем системам трещиноватости и образуют свои направления и углы падения.

#### 3.4.4. Мегатрещиноватость Среднего и Нижнего Поволжья.

Как показано в предыдущем разделе, методика предполагает построение комплекса карт: карту суммарной плотности мегатрещиноватости Среднего и Нижнего Поволжья (см. рис.3.4.4.1.-1) и набор карт плотности мегатрещиноватости по отдельным направлениям с интервалом  $30^{\circ}$ . (см. рис. 3.3.4.1.-2 -  $16^{\circ}$ - $45^{\circ}$ ), для  $46^{\circ}$ - $75^{\circ}$ ,  $76^{\circ}$ - $105^{\circ}$ ,  $106^{\circ}$ - $135^{\circ}$ ,  $136^{\circ}$ - $165^{\circ}$  и  $166^{\circ}$ - $195^{\circ}$  (в работе не приводится). Масштаб всех карт 1:1 000 000.

#### 3.4.4.1 Карта суммарной плотности мегатрещиноватости.

Карта (см. рис.3.4.4.1.-1) построена впервые на данную территорию. На ней нашли свое отражение участки и зоны повышенной и пониженной плотности мегатрещиноватости. Значения плотности изменяются от 357 усл. ед. в центральной части региона до 1058 усл. ед. на юго-западной.

Из зон и участков повышенной плотности обращают на себя внимание четыре участка:

1. *Хопёрско-Волжский*, расположен на юго-западе в пределах Волгоградского и части Саратовского правобережья, совпадая с междуречьем Хопра и Волги. Он чётко ограничивается изолинией 800 усл. ед. и в свою очередь распадается на две аномалии повышенной плотности – южную и западную, ограничивающиеся изолинией в 1000 усл. ед. Южная аномалия совпадает с междуречьем Волги и Медведицы. Западная, территориально приурочена к междуречью Хопра и Медведицы.

- II. *Пензенский* участок выделяется по изолинии 750 усл. ед. и вытянут в субширотном плане от юга Ульяновской области через всю Пензенскую область. Только на севере области, в пределах бассейна р. Суры он распространяется за границу изучаемого региона, где далее не прослеживается. Этот участок также имеет аномалию повышенной плотности с изолинией 850 усл. ед., территориально совпадающую с междуречьем рр. Хопер и Сура .

- III. *Третий участок* расположен на северо-востоке региона в пределах Самарского Заволжья и распространяется в пределы Оренбургской области и

совпадает с Бугульмино-Белебеевской возвышенностью. Сам участок хорошо отбивается по изолинии 700 усл. ед. и вытянут на севере в субширотном направлении, меняя его на юге на субмеридиональное. Он имеет две аномалии повышенной плотности мегатрещиноватости – северную, с границей по изолинии 900 усл. ед., расположенную на междуречье бассейна рр. Ик и Бол. Кинель, и южную, выделяемую по изолинии 850 усл. ед., расположенную в верховьях рр. Бол. Кинель и Самары.

IV. На юге региона выделяется *четвертый участок*, вытянутый в восток-северо-восточном направлении и ограничивающийся изолинией 700 усл. ед. Он приурочен к верховьям рр. Б. и М. Узень (Саратовское Заволжье). Площадь его уступает каждому из трёх выше перечисленных и также делится на две аномалии повышенной плотности: восточную и западную (по изолинии 800 усл. ед.).

Все четыре участка полукольцом охватывают обширную зону пониженной плотности мегатрещиноватости, расположенную в центре изучаемого региона и территориально приуроченную к современной долине р.Волги и её некоторым притокам. Особенно хорошо эта зона выделяется по изолинии 600 усл. ед. плотности и имеет субмеридиональное направление развития от г. Ульяновска до г. Саратова и далее на юг. В пределах её выделены три аномалии пониженной плотности мегатрещиноватости, по изолиниям в 500 усл. единиц – северная; 400 - центральная и 550 – южная.

Юго-восточнее г. Самары выделяется еще одна аномалия, ограничивающаяся изолинией в 600 усл. ед. и имеющая субширотный характер. Такая же аномалия и с теми же значениями плотности наблюдается и на западе Ульяновской области на границе Пензенской. Эти две аномалии, совместно с отмеченной выше северной аномалией, составляют субширотную зону пониженной плотности мегатрещиноватости, выделяемую по изолинии в 650 усл. единиц и развитой вкрест субмеридиональной зоне.

Такая же зона пониженной плотности субширотного плана протягивается с запада на восток через Саратовское Поволжье севернее г. Саратова. На западе

она разделяет Пензенский и Хопёрско-Волжский участки повышенной плотности, далее совпадает с центральной аномалией пониженной плотности субмеридиональной зоны и затем на востоке разделяет третий и четвертый участки повышенной плотности. Данная зона хорошо прослеживается по изолиниям в 700 усл. ед. (на западе) и 650 усл. ед. (на востоке).

Кроме этих участков и зон повышенной плотности, намечаются ещё несколько распространённых на границе региона и уходящие за его пределы.

Подводя итог анализу этой карты, можно отметить, что выделенные участки и зоны имеют сложный характер с изменением величин плотности до 3-х раз. Такой характер плотности определился в результате сложных неотектонических процессов, а также обусловлен инженерно-геологическими и геоморфологическими условиями региона. Но, прежде чем рассматривать все эти определяющие условия, необходимо проанализировать карты плотности мегатрещиноватости региона по интервалам отдельных направлений.

#### 3.4.4.2. Карты плотности мегатрещиноватости по направлениям.

Выделенные на карте суммарной плотности участки и зоны пониженной и повышенной плотности нашли своё отражение и на картах, построенных по отдельным направлениям. Это в первую очередь относится к картам плотности, построенным по интервалам:  $16^0-45^0$ ;  $106^0-135^0$ ;  $136^0-165^0$ ;  $166^0-195^0$ . В работе приведён пример по одной карте (см. рис. 3.4.4.1.-2);.

На всех этих картах отражается центральная зона пониженной плотности мегатрещиноватости и оконтуривающие её по периферии участки и зоны повышенной плотности мегатрещиноватости. Правда, степень отражения этих зон и участков и их границы проявились несколько своеобразно. На «поинтервальных» картах отмечается некоторое смещение этих зон или участков или локальное их выпадение, но в общих чертах структура распределения плотности, состоящая из центральной зоны пониженной плотности мегатрещиноватости – прослеживается хорошо.

С. 23-24119

рис.3.4.4.1.-1. карта суммарной мегатрещиноватости Среднего и нижнего Поволжья

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24120

рис.3.4.4.1.-2. отксерить и вставить со стр.125

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского



Иной характер отражения нашла плотность мегатрещиноватости на картах по интервалам:  $46^0-75^0$  и  $75^0-105^0$ . Здесь (интервал  $46^0-75^0$ ) участки с повышенной плотностью приходятся на центральную зону и протягиваются с юго-запада на восток-северо-восток. Протяжённость этой зоны от района г. Фролова на юго-запад до г. Самары на северо-северо-восток 800 км. На карте построений по интервалу  $76^0-105^0$  зона повышенной плотности протягивается от г. Пензы до восточной границы региона и проходит через центральную часть. По периферии на картах отражены зоны, участки пониженной плотности.

При сравнении между собой карт плотности, построенным по отдельным интервалам отмечается ещё одна закономерность, проявляющаяся в неравномерном распределении значений плотности мегатрещиноватости по этим интервалам. Наибольшие значения плотности приходятся на два интервала:  $16^0-45^0$  и  $136^0-165^0$ , наименьшие на  $46^0-75^0$  и  $76^0-105^0$ , что хорошо видно на картах. Это распределение значений согласуется с главенствующими направлениями планетарной трещиноватости, выделенной С. С. Шульцем, и подчёркивает косвенную связь между трещиноватостью и мегатрещиноватостью региона.

Выводы по картам плотности мегатрещиноватости:

1. На карте суммарной плотности выделены участки и зоны повышенной и пониженной плотности мегатрещиноватости, дана их качественная и количественная характеристика.

2. Эти же участки и зоны повышенной и пониженной плотности мегатрещиноватости прослеживаются на большинстве карт отдельных направлений:  $16^0-45^0$ ;  $106^0-135^0$ ;  $136^0-165^0$ ;  $166^0-195^0$ .

3. Участки повышенной плотности мегатрещиноватости полукольцом по периферии региона окружают центральную зону пониженной плотности, территориально совпадающие с долиной р. Волги.

4. В то же время по интервалам мегатрещиноватости  $46^0-75^0$  и  $76^0-105^0$  выделяются участки и зоны, не совпадающие с общей закономерностью распределения плотности мегатрещиноватости региона.

Это касается выделения на картах по этим интервалам зон повышенной плотности в центральных районах, а зон пониженной плотности по периферии.

5. Распределение плотности мегатрещиноватости по отдельным направлениям неравномерное и совпадает с распределением планетарной трещиноватости. Максимальное распространение плотности мегатрещиноватости приходится на инт.  $16^0-45^0$  и  $136^0-165^0$ , минимально – на интервалы  $46^0-75^0$  и  $76^0-105^0$ . Это подчёркивает прямую связь между трещиноватостью и мегатрещиноватостью.

#### 3.4.4.3. Корреляция данных по трещиноватости, мегатрещиноватости и новейшей тектонике.

Данные по трещиноватости и мегатрещиноватости параметры разного масштаба, и они сами подразделяются на разные типы и виды. Все параметры и явления объединены одними и теми же показателями – новейшей структурой, новейшей тектоникой, которая очень хорошо с ними коррелирует. Проследим эти корреляции в целом по региону.

Но, прежде чем переходит к тектоническому анализу мегатрещиноватости, мы располагаем следующими обоснованными теоретическими и эмпирическими выводами:

1. В каждом районе можно ожидать развития региональных систем трещин и разрывов и на их фоне – локальные изменения плотности и направления трещин и разрывов.

2. На участках локальных структур распределение трещиноватости определённым образом связано с параметрами структуры.

3. Наибольшая плотность трещиноватости наблюдается на переклиналях и крутых крыльях структур.

В идеальном случае локальная структура окаймляется кольцевым и полукольцевым полем повышенных значений плотности трещиноватости.

#### 3.4.4.3.1. Среднее и Нижнее Поволжье.

Анализ построенных карт показывает хорошую корреляцию данных мегатрещиноватости и новейших структур региона. Зонам повышенной плотности мегатрещиноватости отвечают положительные структуры: второго (см. рис.3.4.1.-1) и третьего (см. рис.4.1.-2.) порядков.

Хопёрско-Волжский участок совпадает с Доно-Медведицким (850 усл. ед.) и Присаратовским (750 усл. единиц) мегавалами;

2. Пензенский участок (700 усл. ед.) совпадает с Токмовским сводом;

3. Участок, расположенный на северо-востоке Самарской области (700 усл. единиц) совпадает с Татарским сводом;

4. Участок, в Саратовском Заволжье (700 усл. ед.) совпадает с Узени-Ичкинским мегавалом.

Центральный участок пониженной плотности мегатрещиноватости хорошо коррелирует с Марксовской депрессией (550 усл. ед.), Приволжским приразломным мегапрогибом (400 усл. ед.), Ставропольской депрессией (500 усл. ед.) и частью Мелекесской впадины.

Отдельные структуры, слабо отразившиеся на карте суммарной плотности, нашли чёткое выражение на поинтервальных картах мегатрещиноватости. Это касается Жигулёвско-Пугачёвского вала, отразившегося на карте с интервалом  $76^0-105^0$ . Хорошо проявлена и прибортовая часть Прикаспийской синеклизы, отбивающаяся по резкому спаду плотности мегатрещиноватости на большинстве построенных карт.

Локальные структуры IV и более высоких порядков на картах не находят своего отражения, что, вероятно, связано с масштабом анализируемых карт.

Переходя к анализу связи следующего компонента – рельефа с мегатрещиноватостью, надо отметить, что основными образованиями, при анализе мегатрещиноватости являются современные элементы гидросети, составной частью, входящие в рельеф.

При анализе карт плотности мегатрещиноватости наблюдается приуроченность участков повышенной плотности к междуречьям и главным

водоразделам, а участков пониженной плотности – к долинам рек. Эту же взаимосвязь отражают и карты мегатрещиноватости по отдельным направлениям. Однако, наряду с этой закономерностью прослеживается и другая связь, выявленная между отдельными направлениями и типами рельефа территории Среднего и Нижнего Поволжья. К наиболее древним типам рельефа относятся денудационные равнины олигоценового и плиоценового возрастов, к которым приурочена повышенная плотность мегатрещиноватости интервала  $76^0-105^0$ , а к молодым – позднплейстоценовая денудационная равнина, которая характеризуется повышенной плотностью мегатрещиноватости ( $136^0-165^0$ ).

Это является косвенным фактором, определяющим возраст образования и развития тех или иных систем мегатрещиноватости, составляющих суммарное поле мегатрещиноватости. И ещё одна проблема – это связи порядков речной сети и направлений мегатрещиноватости.

Для этой цели были построены розы-диаграммы мегатрещиноватости по порядкам речной сети (см. рис. 3.4.4.3.2.-1) в пределах четырех районов Среднего и Нижнего Поволжья:

- север Приволжской возвышенности (территория совпадающая с бассейнами притоков р.Волги – рр. Сура, Свияга, Мокша и т.д.);
- юг Приволжской возвышенности (бассейн р. Дон – рр. Иловля, Медведица, Хопёр и т.д.);
- север Заволжья (левые притоки р.Волги – рр.Черемшан, Сок, Б. и М.Кинель);
- юг Заволжья (реки Б. и М.Иргиз, Б. и М.Узень, Караман и др.).

Анализ результатов показывает: происходит постоянное несовпадение максимумов мегатрещиноватости на розах-диаграммах (см. рис. 3.4.4.3.2.-1), по разным порядкам в одних и тех же районах, то есть максимумы изменяются в результате развития речной сети. Нужно исходить из факта, установленного В.П.Философовым [63], что чем выше порядок долины, тем старше возраст ее заложения. Причём это наглядно видно по розам-диаграммам юга Приволжской возвышенности, где со временем произошёл разворот максимума мегатрещиноватости с юго-западных интервалов на юго-восточные, которые и

С. 23-24125

Рис. 3.4.4.3.2.-1. роз-диграмма мегатрециноватости среднего и нижнего Поволжья

Отксерить и вставить

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

преобладают в её современном поле мегатрещиноватости. Поэтому представляется необходимым учёт «порядка» мегатрещиноватости, возраста его заложения и развития. В современном поле плотности мегатрещиноватости, безусловно, преобладают малые (I-III) порядки, которые и сформировали его структуру и распределение плотности. Более высокие и старшие порядки являются реликтами прежних полей. Поэтому необходим поэтапный анализ мегатрещиноватости с установлением её связи с другими компонентами среды.

Выводы:

1. Анализ карт мегатрещиноватости с картой новейшей тектоники показывает хорошую корреляцию мегатрещиноватости с новейшими структурами региона.

2. Локальные структуры IV и реже III порядка, на построенных региональных картах мегатрещиноватости Среднего и Нижнего Поволжья, не находят своего отражения, что связано с их сравнительно мелким масштабом, зато хорошо отражается на картах локальных участков (крупного масштаба).

3. Отмечается приуроченность участков повышенной плотности мегатрещиноватости к междуречьям и главным водоразделам, а участков пониженной плотности к долинам крупных рек.

4. Современные геологические процессы тесно связаны с полем распространения мегатрещиноватости изучаемого региона.

#### 3.4.5. Анализ связи новейшей тектоники с различными геолого-гидрогеологическими показателями.

Такой анализ необходим для установления степени влияния новейших движений и новейших структур на распределение тех или иных геолого-гидрогеологических показателей.

Было проведено изучение связи между новейшей тектоникой и распределением газонефтяных месторождений Поволжья, сульфидной

минерализацией (см. 11.2.1.), а также различными гидрогеологическими показателями: гидродинамическими, гидрохимическими, геотермическими, плотности вод и т.д.

В целом, такой анализ имеет прикладное значение, так как позволяет установить прямую связь между новейшей структурой региона и различными геолого-гидрогеологическими показателями и является основой районирования территории по условиям захоронения промстоков.

#### 3.4.5.1. Новейшая тектоника и нефтегазоносность.

Одним из первых, кто обратил внимание на причины и природу зон поглощения глинистого раствора в скважина, стал К.Б. Аширов [14]. Он считал, что поглощения связаны не с уходом раствора в карстовые трещины, а с вскрытием системы трещин, которые развиваются в первую очередь на контактах пластов различной компетентности, а образующиеся тектонические трещины вертикально или слабо наклонно, пересекают одновременно как пластичные, так и компетентные породы. Проведённый анализ расположения поглощающих и высокодебитных скважин на Калиновско-Новостепновском месторождении, показал их приуроченность к линиям трещиноватости северо-восточного и северо-западного направлений, пересекающихся, практически, под прямым углом. При вскрытии зоны трещиноватости, из скважины 242 было выброшено 15 000 тонн нефти, которая начала быстро обводняться. Автор отмечает, что примеров влияния трещин и разломов на условия нефтеносности месторождений Поволжья можно было бы привести бесчисленное множество (стр.86), подчёркивая при этом, что следы современной миграции нефти на месторождениях Самарской Луки (Жигули) наблюдаются и в настоящее время. В прибрежной полосе р. Волги известны многочисленные проявления газа, сопровождающиеся выходами нефти (капли, плёнки всплывают вместе с газом), (стр.131).

Весьма наглядным примером может служить то, что в монографии

С.П.Максимова «Закономерности размещения и условия формирования залежей нефти и газа в палеозойских отложениях», опубликованной в 1964 году ни слова нет о неотектонике и её роли в формировании нефтегазовых месторождений<sup>14</sup>.

А.В.Цыганков, изучая материалы по поглощениям, говорит о том, что скважины с максимальными поглощениями, приурочены к зонам повышенной тектонической трещиноватости, прослеживаемых на глубину до 1000 метров. Он делает вывод: с масштабом новейших тектонических движений согласуется максимальная трещиноватость пород и скорости денудационного среза - чем выше амплитуда новейших поднятий, тем больше трещиноватость пород и величина денудационного среза [2891].

В монографии посвящённой анализу закономерности размещения и формирования залежей нефти и газа Волго-Уральской нефтегазоносной провинции сделан ряд выводов, касающихся времени формирования месторождений и роли неотектонического фактора в путях миграции углеводородов. Авторы считают, что время образования углеводородов и формирования их залежей сравнительно молодое. Процесс этот в основном непрерывный, от послекамменноугольного по настоящее время (стр.280), отмечая при этом сходство палеозойских и мезозойских нефтей почти по всем физико-химическим показателям, за исключением содержания парафина [98].

Важным для выдвигаемым нами предложений по районированию территорий с учётом неотектонического фактора и оценке безопасности ППЗП, являются данные о приуроченности УВ месторождений Поволжья к ослабленным и раздробленным зонам (флексурам, разломам, активным трещиноватым районам). Эти участки, по их мнению, благоприятны для вертикальной миграции углеводородов и, что за редким исключением, подавляющее большинство месторождений в той или иной степени связано с

---

3. 1981. Р. 245-269.

□ Максимов С.П. Закономерности размещения и условия формирования залежей нефти и газа в палеозойских отложениях (на примере южных р-нов Волго-Уральской нефтегазоносной области), ред. А.А. Трофимук. - М.: Недра, 1964. - 485 с.



подобными зонами (стр.259).

Прямым признаком вертикальной миграции является существование аномальных гидрохимических зон. При изучении солевого состава вод С.М.Киссельгоф<sup>15</sup> обнаружила, что наряду с водами свободного водообмена, имеющими сульфатно-натриевый, гидрокарбонатно-натриевый и хлормагниевого типы, встречаются выходы хлоркальциевых вод, а также их смеси с водами других типов. Это дало основание предполагать возможное наличие связи вод глубинных зон и зон свободного водообмена через дизъюнктивные нарушения. Они также указывают на влияние новейших тектонических движений в образовании не только ловушек и путей миграции при формировании залежей нефти и газа, но и которые приводили к созданию путей перетока углеводородов из нижних пластов-коллекторов в верхние. В результате: на Соколовогорской площади (г.Саратов) продуктивный разрез отложений от воробьевского до мелекесского возрастов-1350м, на Жирновском и Бахметьевском этаж нефтегазоносности составляет - 1700 м. и т.д.

Совершенно очевидным становится предположение о вероятной нарушенности глинистых покрышек. Как отмечают авторы: в одних случаях покрышки стали непроницаемыми, в других - временно непроницаемыми (стр.261). Следовательно, те участки, в пределах которых предполагается строительство ППЗ, но они испытали неотектонические движения, такие нарушения вполне вероятны. А отсутствие в них скоплений углеводородов, также может указывать на их возможную тектоническую нарушенность.

Такой же анализ был проведён Н.И.Усковой и Н.В.Грековой при рассмотрении неотектонических критериев перспектив нефтегазоносности территории Саратовского Поволжья [1980г] и были установлены следующие закономерности: 1. Новейшие движения в значительной мере влияли на формирование и размещение залежей нефти и газа; 2. При значении амплитуд новейших движений  $< 500$  м встречаются почти в равных количествах

---

Недра, 1964. - 485 с.

□ Киссельгоф С.М. Новые данные по гидрогеологии девонских отложений северо-западной части Волгоградской области: / Тр. ВНИГНИ / - М.:1965, вып.3. - С.310-323.

месторождения, нефтегазопроявления и непродуктивные структуры;

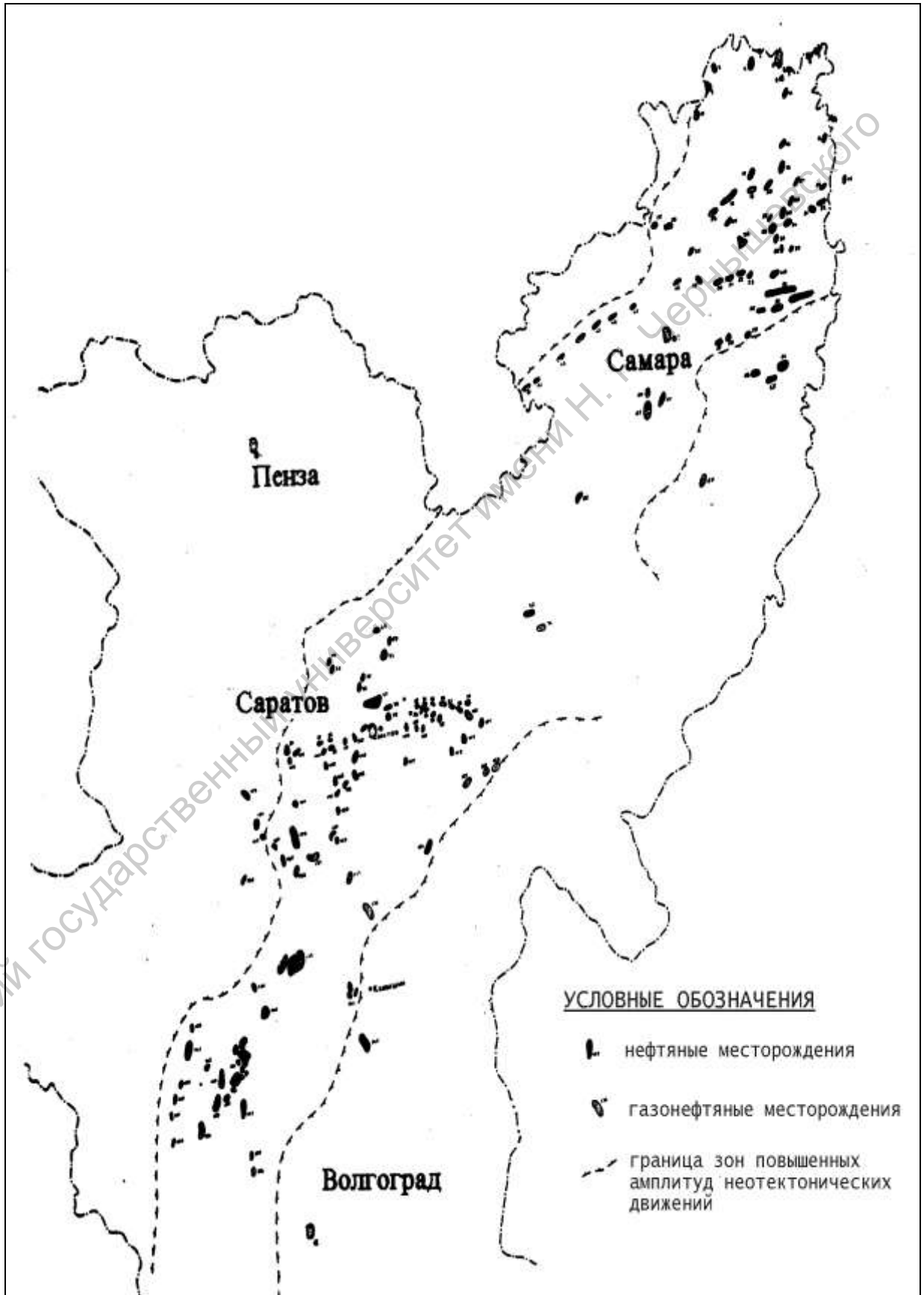


Рис.3.4.5.1.-1. Схема размещения нефтяных и газонефтяных месторождений

## Поволжья

3. С увеличением амплитуд  $> 500$  м имеют место преимущественно одни месторождения;
4. Наиболее крупные месторождения имеют амплитуды 525-550 м.
5. Проявляется закономерное увеличение числа месторождений, нефтегазопроявлений и соответствующее уменьшение пустых ловушек с возрастанием амплитуд новейших движений;
6. У месторождений, содержащих от 5 до 15 пластов, амплитуды новейших движений находятся в пределах 375 м и выше. Наиболее крупные многопластовые месторождения, характеризующиеся и максимальным стратиграфическим диапазоном продуктивности, имеют амплитуды 525-550 м.
7. Фазовое состояние углеводородов также находится в связи с неотектоническими показателями. Значениями амплитуд 200-600 м характеризуются большинство газовых и газоконденсатных месторождений.

Высоко амплитудные движения ухудшили изолирующие свойства покрышек и привели к разрушению наиболее мобильных газовых залежей за счёт их вывода в зоны более активного водообмена.

К сожалению, этими исследователями, при довольно полной характеристике взаимосвязи между амплитудами новейших движений и продуктивностью, типом нефтегазопроявления, многопластовостью и другими показателями, не было проведено пространственного анализа размещения месторождений нефти и газа на территории Поволжья.

Для этого нами была составлена «Схема размещения нефтяных, нефтегазовых и газовых месторождений Поволжья», с показом на ней положения зоны повышенных амплитуд новейших тектонических движений (рис.3.4.5.1.-1). Размещение месторождений нефти и газа приведено по материалам С.П. Козленко<sup>16</sup>.

Расположение более 93% месторождений внутри зоны повышенных

---

, вып.3. - С.310-323.

□ Козленко С.П. Возрастные критерии прогноза нефтегазоносности. /Тр. НВ НИИГГ. –Саратов: 1964, вып.1. – С. 29-33.

амплитуд, говорит о более чем тесной связи этих показателей.

В то же время отмечается неравномерность расположения нефтегазоносности внутри зоны. Более плотно и часто они расположены на севере региона в пределах Самарского Поволжья, не меньше отмечается их и в пределах Саратовско-Волгоградского участка. И только центральная часть в пределах Жигулёвско-Пугачёвского свода характеризуется почти полным отсутствием месторождений, при наличии высоко амплитудных структур.

В целом новейшая структура Поволжья и нефтегазоносность характеризуются прямой связью как в пространственном размещении (приуроченность к зоне повышенных амплитуд новейших движений), так и по многим другим показателям.

#### 3.4.5.2. Новейшая тектоника и гидрогеологическая характеристика структур.

С зонами поднятия земной коры связаны многие гидрогеологические аномалии, имеющие прямой отношение к рассматриваемой проблеме. К ним относятся: пластовые давления, характер температур среза, гидродинамические и гидрохимические показатели и т.д.

Как показал анализ ряда гидрогеологических характеристик, по структурам Доно-Медведицких дислокаций, очаги разгрузки подземных вод на различных срезах (от 500 м до 2000 м), аномальные зоны пластовых давлений, плотностей вод и термоаномалии, приурочены к определенным участкам территории. Совпадение нескольких гидрогеологических показателей, как по площади, так и по разрезу, может указывать, во-первых, на единую причину обусловленности названных аномалий, во-вторых, на глубинный источник этого фактора, так как они прослежены по всему разрезу с глубины 2000 м. В.Р. Катихиным установлено [140, 141], а Ю.А.Пецюхой [209] подтверждено, что Доно-Медведицкие дислокации представляют собой крупный и, в значительной степени, сквозной очаг вертикальной разгрузки подземных вод.

Не меньшее значение имеет изучение тепловой характеристики недр и соответственно районирование территории по тепловому режиму. Для анализа использовались данные В.Р.Катихина. На его картах показаны температуры недр на разных уровнях среза: -2000, -1500, -1000 и -500 м. [140]. Сравнение этих материалов с картой геотермического градиента А.Г.Габриэляна показывает, что аномальные зоны повышенных температур приурочены к двум блокам Доно-Медведицких дислокаций (Коробковскому и Арчедино-Донскому) и к восточной части Терсинской депрессии, с которыми связаны большие давления в земной коре, обусловленные новейшими тектоническими поднятиями с амплитудой от 250 до 700 и более метров [99]. Этот факт следует рассматривать как закономерную связь повышенных температур на различных уровнях среза с зонами максимальных давлений в земной коре и с сопровождающими их деформациями осадочного чехла.

Однако могут быть и исключения из этого общего правила. Например, по результатам исследований Ю.А.Пецюхи [209] выяснилось, что в зоне Жирновско-Иловлинского мегавала отсутствует термоаномалия, хотя к нему приурочено максимальное давление в земной коре и амплитуда новейших поднятий в этом районе достигает наибольшей величины во всём Нижнем Поволжье (800-900 м). Отсутствие термоаномалии объясняется здесь наличием пониженной минерализации вод и влиянием активного гидродинамического фактора в новейшее время, который способствовал рассеиванию тепла.

Описание процессов разгрузки вод палеозоя в тектонически-активных зонах приведены в работах самарских гидрогеологов. Разгрузка подземных вод приводит к образованию своеобразных куполов солёных вод и фиксируется в виде гидрохимических аномалий в верхней гидрогеологической зоне. Такие аномалии установлены вдоль Жигулевской дислокации, Большекинельского вала, Покровской тектонической линии и других флексур [128].

Вертикальная проницаемость осадочной толщи подтверждается широким распространением нефтегазоносности по разрезу. В тектонически-активных структурах продуктивные зоны практически распространены в диапазоне

разреза, охватывающим интервалы более 2000-3000 м, а в ряде неотектонических структур нефтегазопроявления фиксируются на поверхности. В Самарской области поверхностные нефте- и битумопроявления приурочены к Жигулёвско-Пугачёвскому своду, Сергиевскому и Кинель-Черкасскому районам.

Таким образом, на рассматриваемой территории имеется ряд объективных показателей, которые свидетельствуют о вертикальной гидравлической связи по разрезу тектонически-активных структур. Для каждой конкретной структуры диапазон глубин, где проявляется гидравлическая связь, могут быть установлен на основе изучения её гидрохимического разреза.

В результате проведенного анализа новейших движений, в комплексе с гидродинамическими и гидрохимическими процессами в недрах и на поверхности, можно сделать вывод о том, что все они находятся в тесной взаимосвязи и обуславливаются подвижками земной коры в новейшее время.

Итак, современный структурный план осадочного чехла – результат проявления неоген-четвертичной фазы тектогенеза; следовательно, гидродинамические, гидрохимические, термические и другие условия недр исследуемого региона также подвергались её воздействию. Поэтому различные аномалии приурочены к зонам максимальных напряжений земной коры.

Выводы:

1. Существует прямая зависимость между новейшими структурами Поволжья и распределением различных геолого-гидрогеологических показателей.
2. Набор этих показателей приурочен, как правило, к зоне повышенных амплитуд новейших тектонических движений, что говорит об их взаимосвязи и времени проявления.
3. В пределах зоны выделяются высокоамплитудные новейшие структуры и структурные зоны (Арчедино-Донской и Жирновско-Иловлинский валы, Присаратовский мегавал, Жигулёвский вал), характеризующиеся проявлением этих связей.

4. Намечается связь между разломами, разрывными нарушениями, флексурами и различными геолого-гидрогеологическими показателями.

5. В пределах локальных структур более тесной связью отличаются зоны повышенной трещиноватости и мегатрещиноватости, обычно приуроченные или к сводам, или к крутым крыльям структур, или окаймляющие эти структуры по периферии.

6. Отмечена связь геолого-гидрогеологических показателей с современными речным долинам высоких порядков и погребенными, имеющих неоген-раннечетвертичный возраст заложения, дренирующих водоносные горизонты на глубину до 800-1000 м [159].

Все эти данные необходимо использовать для целей районирования территории по условиям захоронения промстоков, как основополагающие при выделении участков и зон по степени их благоприятности.

### 3.5. Карта районирования.

Основой для построения карты районирования (см. рис.3.5.-1.) послужили: карта амплитуд новейших тектонических движений, карта неотектоники, карты характеристик карбонатных резервуаров (см. рис.3.3.1.-1.; 3.3.2.-1.; 3.3.3.-1.), схема распространения месторождений нефти и газа (см. рис.3.4.5.1.-1).

На карту наносились следующие показатели:

1. Границы распространения резервуаров карбонатных палеозойских пород и региональных покровов.

2. Границы зон повышенных амплитуд новейших тектонических движений (свыше +500 м).

3. Разрывные нарушения, разломы и флексуры - установленные и предполагаемые.

4. Границы распространения зоны аномально высоких пластовых давлений.

5. Погребенные неогеновые палеодолины р. Волги и ее притоков.

6. Территории с амплитудами новейших тектонических движений: +250 и +500 м.

На основе этих данных и, исходя из нанесённых на карте показателей, выполнено районирование территорий по условиям захоронения промстоков. На ней выделены участки с различной степенью благоприятности для проведения последующих этапов картосоставительских работ более крупных масштабов (1:100 000 и более).

### 3.5.1. Неблагоприятные участки.

Эти участки широко распространены по территории Самарской, Саратовской, Волгоградской, а также частично и Пензенской областей.

Выделяются три вида участков:

А. Участки, связанные с высоко амплитудными (>500 м) положительными структурами и структурными зонами: Арчедино-Донским, Жирновско-Иловлинским валами, Присаратовским мегавалом, Жигулёвско-Пугачёвским и Татарским сводами и более мелкими структурами. Они неравномерно распространены в пределах региона и приурочены в основном к зоне повышенных амплитуд новейших тектонических движений, пересекающей территорию с юго-запада на северо-восток.

Площади первого вида участков изменяются от 50 до 500 км<sup>2</sup>. К ним приурочены различные гидрогеологические аномалии, зоны повышенной трещиноватости и мегатрещиноватости, а также зоны интенсивных поглощений и провалов бурового инструмента.

Неблагоприятным фактором является также и приуроченность к большинству из этих участков известных месторождений нефти и газа.

Наличие верейско-мелекесской региональной покрывки до 70-100 м толщины, не всегда является критерием благоприятности, так как за счет интенсивных новейших движений образовались зоны дробления на глубину до 1500 и более метров [289].



Соленосная кунгурская толща, являющаяся надёжной покрывкой в пределах этих участков отсутствует.

Б. Участки, приуроченные к региональным разломам, локальным разрывным нарушениям, флексурам и бортовым уступам впадин.

Они имеют в основном линейный характер и широко представлены по периферии Прикаспийской впадины, а также в месте сочленения Жигулёвско-Пугачёвского и Татарского сводов. Кроме этого отмечается большое распространение разрывных нарушений в пределах Пензенской области, однако, там они развиты в поле отсутствия карбонатных коллекторов, а также на территории с невыясненными геологическими условиями. Наиболее известными из разрывных нарушений являются Жигулёвский и Главный Волжский разломы, распространённые в северо-востоке территории, а также Прикаспийский бортовой уступ.

Установлены многочисленные флексуры, ограничивающие различные структуры и структурные зоны разных порядков. Все они являются неблагоприятными территориями для захоронения промстоков, так как они или оперяют или рассекают новейшие структуры и к ним приурочено большинство различных аномалий (газовые, минералогические).

В. Третий вид участков связан с зоной АВПД, широко развитой на юго-востоке: Саратовское и Волгоградское Заволжье. Площадь распространения 20000 км<sup>2</sup> и совпадает с внутренней зоной Прикаспийской впадины.

Величины пластовых давлений делают невозможным закачку СВ по технологическим соображениям, так как статическое давление на устье скважин будет в этом случае превышать 10-20 МПа. Граница зоны АВПД проходит за бортовым уступом Прикаспийской впадины, смещаясь на 10-15 км во внутрь что установлено по ряду пересечений на: Кара-Сальском, Ново-Никольском, Лободинском, Краснокутском. Если во внешней и в бортовой зоне пластовые давления в 1-м и 2-м резервуарах близки к нормальным гидростатическим, то во внутренней - превышают их в 1,5-2 раза. Наличие гидравлического барьера, скорее всего можно объяснить наличием мощных

С. 23-24138

терригенных толщ каменноугольного возраста, которые, например, вскрыты

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

скважинами 263 Лободинской, 25 Краснокутской и др. Эти толщи могут разъединять карбонатные резервуары внешних и внутренних зон впадины, создавая в них различную гидродинамическую обстановку.

### 3.5.2. Условно неблагоприятные участки.

Такие участки широко развиты в пределах Поволжья и разделяются на три вида:

А. Участки, расположенные в пределах средне амплитудных (от +250 до +500 м) положительных новейших структур и структурных зон. Выделяются только в пределах зоны повышенных амплитуд новейших движений.

Термин «условно неблагоприятные» отражает лишь интенсивность новейших движений и не зависит от других показателей. Данные участки характеризуются почти теми же условиями, что и неблагоприятные, однако в их пределах не всегда прослеживается связь между различными геолого-гидрогеологическими параметрами и новейшей структурой. Они расположены в центральной части изучаемой территории и протягиваются широкой (до 100-200 км) полосой с юго-запада на северо-восток.

Б. Участки оконтуривающие локальные структуры, совпадают с зонами повышенной трещиноватости и мегатрещиноватости.

Они не показаны на карте районирования из-за ее мелкого масштаба, однако, довольно широко представлены на территории. Участки выделены в результате изучения трещиноватости на ключевых участках - Жирновский, Пугачёвский, Жигулёвский и Фроловский.

В. Участки, приуроченные к речным долинам высоких порядков, имеющим древний (неогеновый) возраст заложения.

Они широко распространены в пределах Самарского, Саратовского и Волгоградского Заволжья и представляют собой разветвлённую сеть погребенных речных долин р. Волги и ее многочисленных притоков.

Палеодолины имеют каньонообразный характер, небольшую (2-4 км) ширину, крутые склоны. Лишь к югу долина Палео-Волги расширяется до нескольких десятков километров. Неогеновые русла врезаны в толщу палеозойских, мезозойских и палеогеновых отложений. Глубина вреза достигает 300 - 400 м.

В то же время отмечается совпадение рисунка и плана современной и древней речной сети, что указывает на связь их со структурным новейшим планом. Все это давно подмечено многочисленными исследователями Поволжья, которые выделяют доакчагыльский этап развития долины и ее притоков в особый эрозионный цикл в бассейне Волги [Г.В.Обидиентова, 1956] и Н.В.Кулаковым [159] установлено, что современные речные долины являются дренами глубоких водоносных горизонтов. На это указывают:

- водоразделы пьезометрических поверхностей глубоких водоносных горизонтов визейского яруса вполне отчётливо отображающиеся в современном рельефе;

- общее направление движения подземных вод, которое, начиная с грунтовых и до глубины примерно 800 м, совпадает с направлением стока поверхностных вод;

- влияние р.Волги на направление движений подземных вод, приуроченных к контакту палеозойских отложений с мезозойскими, что отчётливо проявляется на карте эквипотенциальных поверхностей.

Он делает вывод, что воды верхней части среднего карбона движутся к р. Волге, однако непосредственно глубинные воды на поверхность в долине не выходят, но сток их в указанное место, несомненно, имеется [159].

В то же время в водах девонских отложений характер распределения водораздельных участков эквипотенциальных поверхностей совершенно иной.

Вероятно, девонские структуры до настоящего времени сохраняют черты раннегерцинского регионального тектонического плана. Все эти данные говорят о том, что участки речных долин высоких порядков, имеющих древний (неогеновый) возраст заложения являются условно неблагоприятными для захоронения промстоков в глубокие горизонты Среднего и Нижнего Поволжья.

### 3.5.3. Условно благоприятные участки.

К таковым относятся территории, где присутствуют непроницаемые покрышки, прежде всего кунгурская соленосная толща, но не доказано распространение коллекторов с приемлемыми фильтрационными свойствами. Отнесение этих территорий к условно-благоприятным обусловлено также наличием в их пределах структур с невысокими (до +250 м) амплитудами новейших тектонических движений. Это районы на территории Приволжской моноклинали и на восточных погружениях Жигулёвско-Пугачёвского свода, где распространён соленосный кунгур пониженной толщины.

К ним можно также отнести территорию к западу от Доно-Медведицких и Саратовских дислокаций, где 2-й и 3-й резервуары могут обладать приемлемыми коллекторскими свойствами, перекрыты верейско-мелекесской (2-й резервуар) и тульско-бобриковской (3-й резервуар) покрышками. Эта территория также не испытала новейших движений большой амплитуды. Отнесение этой части района к условно благоприятным обусловлено их меньшей, по сравнению с другими основными нефтегазоносными площадями, и относительно небольшой толщиной глинистых водоупорных толщ (до 100 м).

1-й резервуар в зоне, где отсутствует кунгурская соленосная толща, в основном, не может быть перспективным объектом для захоронения стоков, так как находится в зонах свободного и затрудненного водообмена и, в большей своей части, не перекрыт надёжными глинистыми покрышками.

### 3.5.4. Благоприятные участки.

К ним относятся структуры подсолевого палеозоя в бортовой зоне Прикаспийской впадины. Это 1-й, 2-й и 3-й резервуар на тех структурах, где они обладают хорошими фильтрационными свойствами, что доказывается, прежде всего, провалами инструмента и поглощениями промывочной жидкости. Особый интерес с этой точки зрения представляет 2-й резервуар,

который показывает устойчивую водопроницаемость вдоль всего бортового уступа. К негативным факторам следует отнести значительную (более 3 км) глубину его залегания.

Таким образом, для Нижнего и Среднего Поволжья только часть территории может рассматриваться как благоприятная.

#### 3.5.5. Участки отсутствия коллекторов.

Выделяются на западе региона и совпадают с территорией Воронежской антеклизы. Отсутствие коллекторов и покрышек делает невозможным отнести эту территорию к какому-то виду вышеперечисленных участков.

#### 3.5.6. Участки с невыясненными условиями

К таковым, к моменту создания карты, относится часть территории Пензенской области, где поисковое и разведочное бурение проведено в небольшом объёме, поэтому в данном случае нельзя было использовать информацию, которая применялась для оценки резервуаров в других районах Поволжья. Здесь проведено изучение новейшей тектоники, а также трещиноватости по Каменнобродскому участку и мегатрещиноватости в целом по Пензенской области. Однако эти материалы не являются достаточными для районирования этой территории без данных по коллекторским свойствам карбонатных резервуаров, характеру поглощения, гидрогеологии и другим параметрам.

#### 3.5.7. Анализ карты районирования и выводы.

Основой для количественного обоснования степени благоприятности территорий, помимо вышеперечисленных карт и геолого-гидрогеологических критериев, служит карта суммарной плотности мегатрещиноватости Среднего и Нижнего Поволжья и, дополняющий её набор карт плотности мегатрещиноватости по отдельным направлениям (с инт.  $30^0$ ):  $16^0-45^0$ ,  $46^0-$

75<sup>0</sup>, 76<sup>0</sup>-105<sup>0</sup>, 106<sup>0</sup>-135<sup>0</sup>, 136<sup>0</sup>-165<sup>0</sup> и 166<sup>0</sup>-195<sup>0</sup>.

Дополнительным количественным критерием разделения участков по степени благоприятности, служит оценка степени (повышенной - пониженной) мегатрещиноватости в условных единицах (см. раздел 3.4.4.1.). Несмотря на некоторые несовпадения максимальных плотностей мегатрещиноватости и трещиноватости при анализе интервалов от 16<sup>0</sup> до 165<sup>0</sup>, между ними установлена прямая связь. Чем выше амплитуда неотектонических движений, тем вероятнее образование большего числа трещин (мегатрещин), и, следовательно, возрастает вероятность образования проницаемых нарушений. Это подтверждается не только многоэтажностью (до 1700 метров) ряда нефтегазовых залежей, но и присутствием гидрохимических аномалий, а также комплекса минералов (киноварь, самородные цинк, свинец, кальциты и др.).

На карте суммарной плотности мегатрещиноватости показаны участки и зоны повышенной и пониженной плотности мегатрещиноватости, изменяющиеся от 357 усл. ед. в центральной части изучаемого региона до 1058 усл. ед. на юго-западе, в пределах Волгоградского Поволжья.

Устанавливается положительная корреляция между суммарной плотностью трещиноватости и величиной амплитуды неотектонических движений в пределах структур: чем выше амплитуда поднятия, тем большее значение в условных единицах (усл.ед.) суммарной плотности.

Как отмечалось ранее, например, в пределах Волго-Уральской антеклизы, зона повышенных амплитуд ограничивается несколькими участками пониженных амплитуд (от +100 м до +250 м) приуроченными к новейшим депрессиям: Южно-Чалыклинской и Чалыклинской (в усл. ед. эти зоны на картах не превышают значений 300-400).

Зона повышенных амплитуд неоднородна и включает в себя как участки со значениями амплитуд от 300-500 до 800-900 м (в усл. ед. от 800 - 1000 и выше), совпадающие с крупными положительными структурами, такими как Доно-Медведицкий и Присаратовский мегавалы, Жирновско-Иловлинский. Арчедино-Донской, Жигулёвский валы, Жигулёвско-Пугачёвский и Татарский

своды, так и участки с пониженными амплитудами от 0 м до 200-250 м (в усл. ед. до 300), приуроченными к отрицательным структурам – Ольховской и Марксовской депрессиям, Приволжскому приразломному прогибу и северной части Бузулукской впадины. Однако участки с амплитудами от +400 и более метров в целом в этой зоне явно преобладают.

Все полученные факты говорят о сложном строении зоны повышенных амплитуд новейших движений и её неоднородном происхождении и истории развития. Устанавливается тесная взаимосвязь между зоной повышенных амплитуд новейших движений Среднего и Нижнего Поволжья и распространением различных геолого-гидрогеологических показателей.

Неотектонические движения, изменяя физические свойства горных пород, не только приводят к нарушению изоляционных свойств водоупоров, но и коренным образом преобразуют фильтрационные характеристики подземных коллекторов и тектонических нарушений. Последние, в случае их непроницаемости, становятся экранами на пути движения флюидов и могут приводить к формированию нефтегазовых месторождений, а в случае проницаемости, сопровождаются нефтепроявлениями на поверхности, гидрохимическими и гидродинамическими аномалиями в верхних частях гидрогеологического разреза.

Сравнение в целом по всему региону характера размещения провалов и зон поглощений в 3-м резервуаре, с аналогичными параметрами 1-го и 2-го резервуаров, показывает достаточно чёткое совмещение в пространстве зон повышенной проницаемости как на региональном уровне (глава 3), так и на локальном (глава 6). Это подтверждает известное представление о ведущей роли тектонического фактора, в частности новейших тектонических движений, при формировании коллекторских свойств резервуаров.

Н.В.Черский с соавторами<sup>17</sup> приводит доказательства того, что скорости латеральной миграции флюидов под воздействием тектонических процессов

---

4, вып.1. – С. 29-33.

□ Черский Н.В., Царёв В.П., Сороко Т.И. Влияние тектоно-сейсмических процессов на образование и накопление углеводородов. - Новосибирск: Наука, 1985. –167 с.



могут возрастать в сотни раз, сейсмических – в десятки раз. Совместное действие этих факторов в период тектоно-сейсмической активизации приводит к скачкообразному возрастанию скорости миграции на много порядков. Поэтому даже при сравнительно небольшой доле в геологическом времени периодов активизации их вклад в перемещение флюидов и накопление углеводородов значителен, а, может быть, и определяющ<sup>18</sup>.

Эти данные касаются скорости латеральной миграции. Вполне очевидно, что при наличии проницаемых тектонических нарушений, миграция по ним промстоков и в вертикальном направлении, весьма вероятна. Нами ранее отмечалось: об этом свидетельствуют многоэтажность (до 1700 м) нефтегазовых месторождений (раздел 3.4.5.1.), присутствие в шлихах овражно-балочного аллювия, киновари, пирита, барита, самородных: меди, свинца, цинка и других минералов, а также гипергенных кальцитов содержащих нефтегазовые включения (раздел 11.2.2.).

Следовательно, в областях активизации неотектонических процессов, отмеченные выше закономерности, которым дана количественная оценка, с высокой степенью достоверности, доказывают изменение изолирующих свойств водоупорных отложений, что необходимо учитывать при проектировании полигонов подземного захоронения промстоков.

---

Наука, 1985. –167 с.

<sup>18</sup> Горжевский Д.И., Карцев А.А., Павлов Д.И. и др. Парагенезис металлов и нефти в осадочных тощах нефтегазоносных бассейнов. – М.: Недра, 1990. – 268 с.

## **Глава 4. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОГО ПРОМУЗЛА И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ ПО УСЛОВИЯМ ЗАХОРОНЕНИЯ ПРОМСТОКОВ (масштаб 1:100 000)**

Для выявления территорий благоприятных для строительства ППЗП впервые разработана методика составления карт районирования масштаба 1:100 000 (на примере Саратовского промузла), [47, 48. 49].

### 4.1. Геологическое строение и гидрогеологические условия территории.

#### 4.1.1. Тектоника и неотектоника.

В тектоническом отношении Саратовский промузел и прилегающие к нему территории расположены в пределах древнего Пачелмского авлакогена (Рязано-Саратовского) прогиба. Он преобразован в новейшее время в юго-западное крыло Волго-Уральской антеклизы, расширившей свои границы в результате поднятий, охвативших территорию Русской плиты в неоген-четвертичное время. Район выделяется и как Приволжское поднятие<sup>19</sup>.

Здесь наблюдается субширотное пересечение осевых зон крупного позднепротерозойского Пачелмского прогиба северо-западного простирания, наложенного мезозойско-кайнозойского Ульяновско-Саратовского прогиба северо-восточного простирания и почти изометричного N-Q Присаратовского мегавала субширотной ориентировки.

Вследствие несоответствия структурных планов осадочного комплекса на различных стратиграфических уровнях, расчленение региона по тектоническому признаку затруднено. Поэтому при характеристике объектов в основу положены современные структурные планы Mz и Kz отложений (неотектонический принцип). Тип районирования - морфогенетический

---

Недра, 1990. – 268 с.

<sup>19</sup> Геология и нефтегазоносность карбонатного палеозоя Саратовского и Астраханского Поволжья. Литология и коллектора карбонатных нефтегазоносных комплексов. / Под ред. Д.Л.Фёдорова. - Саратов: СГУ, 1983. - 164 с.

(историко-генетический), вид - смешанный: региональный (индивидуальный) для структур высокого порядка и типологический - при выделении локальных антиклинальных структур.

В пределах территории выделены следующие структурные формы: Волго-Уральская антеклиза (надпорядковая форма) (см. рис. 4.1.-1).

1 - Присаратовский мегавал.

1-А - Елшано-Сергиевский вал: Елшанская (5), Соколовогорская (8), Грузиновская (6), Песчано-Умётская (7) антиклинали; 1-Б - Слепцовско-Полчаниновский вал: Слепцовская (2), Полчаниновская (1) антиклинали; 1-В - Хлебновско-Радищевский вал: Малиноовражная (4), Хлебновская (3) антиклинали; 1-Г - Корсаковская депрессия (прогиб); 1-Д - Свинцовский прогиб.

II - Карамышская впадина.

Багаевская (9), Колотовская (10) антиклинали;

III - Воскресенско-Марксовская впадина

С целью выявления характера мегатрещиноватости построена схема спрямленных участков долин, на которой устанавливается блоковый характер изучаемой территории, косвенно подтверждаемый при дешифрировании космических и аэрофотоснимков. Автор придерживается уже сложившихся представлений о тектонике и неотектонике района, отраженных в изданных картах и монографиях, внося в них некоторую корректуру.

#### 4.1.1.1. Характеристика новейших и древних структурных форм.

*Волго-Уральская антеклиза (юго-западное крыло).* Антеклиза пережила сложную историю тектонических преобразований в Pz, Mz и, особенно, в N-Q времена. В результате проявившихся в неотектонический этап восходящих движений, охвативших юго-восточную окраину Русской плиты, произошло расширение границ этой структуры в юго-западном направлении, что привело к инверсии как древнего доживетского Пачелмского авлакогена, так и Mz-Kz

Ульяновско-Саратовского прогиба и образованию Приволжского поднятия, выраженного в современном рельефе Приволжской возвышенностью.

По положению кровли палеозойских отложений территория разделяется Елшано-Сергиевской флексурой на две части - северную, Присаратовский мегавал (Саратовские дислокации) и южную - Карамышскую впадину. Таким образом, Елшано-Сергиевскую флексуру следует считать основной новейшей структурной формой, определяющей сложность тектоники района.

*Присаратовский мегавал (Саратовская зона поднятий, Саратовские дислокации).* В его строении основную роль играют флексуры. Елшано-Сергиевская, служит южной границей Присаратовского мегавала, отделяя его от Карамышской впадины. Она прослеживается до р. Медведицы, а в Заволжье до с. Генеральское. В плане её простирается восток-северо-восточное, а далее, разветвляясь под углом  $60^\circ$ , отклоняется на юго-восток и прослеживается еще на 5 км. хорошо выражена в рельефе спрямленными участками долин (мегатрещин) в нижнем течении р. Гусёлки, Глебушева оврага, р. Елшанки.

Структуры такого ранга являются сложно построенными флексурно-разрывными зонами, которые характеризуются повышенной тектонической трещиноватостью, с длительным периодом формирования. Они наследуют более древние глубинные разломы фундамента, проявляющиеся в результате блоковых движений в новейший этап тектонического развития.

Присаратовский мегавал обособляется по значениям суммарных амплитуд новейших тектонических движений от 500 до 875 м.

В его пределах выделяются Елшано-Сергиевский, Слепцовско-Полчаниновский, Хлебновско-Радищевский валы и Корсаковская депрессия (прогиб) (см. рис. 4.1.-2.).

*Елшано-Сергиевский вал (1-А).* Эта структура приурочена к поднятому крылу Елшано-Сергиевской флексуры, осложнённой локальными антиклинальными складками, а с юга ограничен одноименной флексурой. С севера граница плавно переходит к Хлебновско-Радищевскому валу через седловинообразное понижение, являющееся центриклинальным продолжением

С. 23-24149

западной части Воскресенско-Марковской впадины.

Рис. 4.1.-1 Схема тектоники (отскерить и вставить)

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Особенностью строения верхнего структурного этажа является близкое к поверхности залегание пород каменноугольного возраста (до +40 м) и выход в пределах Елшанской антиклинали на дневную поверхность юрской водоупорной толщи. Вал чётко проявлен в суммарных амплитудах новейших тектонических движений (от +600 до +875 м). В его пределах выделяются Елшанская, Соколовогорская, Грузиновская, Песчано-Умётская антиклинали.

*Елшанская антиклиналь (5)* выделяется в пределах обширного Елшано-Курдюмского поднятия, имеющего сложное строение. По данным Ю.П.Боброва, оно представляет собой сложную структурную форму. В досреднеюрское время по всем горизонтам палеозоя поднятие представляло собой целый ряд самостоятельных локальных структур, которые по карбону имели единое, общее для них приподнятое основание, с юга ограниченное структурным уступом<sup>20</sup>.

Елшано-Курдюмское поднятие - это молодое послебайосское поднятие, хорошо выражено в современном рельефе. Рельеф обращенный, с широко развитой густой долинной сетью, принадлежащей долине р. Елшанки. Спрямоленные элементы долин 3-4-5 порядков (мегатрещины) имеют северо-восточное простирание, долины 1-2 порядков - преимущественно субмеридиональное. Суммарные амплитуды N-Q движений 750 - 875 метров.

*Соколовогорская антиклиналь (8)*. Значительная часть ее расположена под руслом р. Волга к северо-западу от центра г. Саратова. По кровле Д<sub>2</sub>-V пласта живетского яруса структура представлена асимметричной брахиантиклиналью, с крутым юго-западным и пологим северо-восточным крылом. Амплитуда поднятия по кровле пласта 110 - 298 м.

В Mz отложениях выражена слабо, в рельефе - чётко, в виде г. Соколовой с абс. отм.150 метров, плоская вершина которой является акчагыльской

---

: СГУ, 1983. - 164 с.

<sup>20</sup> Бобров Ю.П., Алёшечкин О.И. Отчёт «Анализ развития локальных структурных форм Саратовского Правобережья в связи с изучением формирования залежей нефти и газа»./ Фонды НИИГ СГУ. Саратов: 1959. - 220с.

С. 23-24151

абразионной поверхностью. Амплитуда N-Q движений  $\approx 350$ м.

*Грузиновская антиклиналь (б).* Развита в верховьях р.Елшанки и

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Вставить усл. обозн. К рис 4.1.-2.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского



представляет собой удлиненную брахиантиклинальную складку с более крутым юго-восточным крылом, сливающимся с Елшано-Сергиевским флексурным уступом. Сумма амплитуд N-Q движений - 800-850 метров.

*Песчано-Умётская антиклиналь (7)* расположена в верховьях правого притока р. Грязнухи и представляет собой асимметричную брахиантиклиналь, окончательное формирование которой произошло в послебайосское время. Амплитуда поднятия по кровле карбона 110-140 м.

*Слепцовско-Полчаниновский вал (1-Б)*. Выделен к западу от верховьев р. Идолга, имеет субмеридиональное направление, соответствующее простиранию Слепцовско-Полчаниновской флексуры, имеющей протяженность  $\approx 45$  км, крутое крыло, обращенное на восток в сторону Корсаковской депрессии. Суммарная амплитуда N-Q движений от 650 м на юге и до 675 м на севере. Вдоль крутого крыла расположены локальные поднятия - Слепцовское, Полчаниновское, Ягоднополянское и др.

*Слепцовская антиклиналь (2)* расположена на южной окраине Слепцовско-Полчаниновского вала. Она выделяется по кровле палеозоя и подошве неокома в виде брахиантиклинали (11 x 3 км), с крутым до  $8^\circ$  юго-восточным и пологим, до  $3^\circ 30'$  северо-западным крыльями. Амплитуда N-Q движений - 650 м.

*Полчаниновская антиклиналь (1)*. Прослеживается по поверхности карбона и по Mz отложениям. Поднятие асимметрично. Амплитуда новейших движений не  $> 600$  метров.

*Хлебновско-Радищевский вал (1-В)* северо-восточного простирание, располагается вдоль поднятого крыла Хлебновско-Радищевской флексуры, которая представляет структуру протяженностью около 40 км с крутым северо-западным крылом, где углы падения пластов Mz отложений достигают  $30^\circ$ . Суммарная амплитуда новейших тектонических движений 700-800 м. В пределах пологого юго-восточного крыла флексуры прослеживаются Хлебновская и Малиноовражная антиклинали.

*Малиноовражная антиклиналь (4)* асимметрична, северо-восточного простирания. Суммарная амплитуда новейших движений - 800 м.

*Хлебновская антиклиналь (3)* расположена к юго-западу от Малиноовражной и отделяется от нее разломом северо-западного простирания. Строение антиклинали близкое к Малиноовражной. Амплитуда неотектонических движений  $\approx$  800 м.

*Корсаковская депрессия (1-Г)* территориально развита в верхнем течении р. Идолги (на юге) и на водоразделе р. Камышлея - р. Старого Чардыма. Границами депрессии являются Хлебновско-Радищевская флексура на западе и Смирновско-Полчаниновская на востоке. Амплитуда движений 650 м.

*Свинцовский прогиб (1-Д)*. Пологая структурная форма относительно опущенная, разделяющая Елшано-Сергиевский и Хлебновско-Радищевский валы. Суммарная амплитуда новейших движений оставляет 600-700 м. На юго-западе смыкается с Корсаковской депрессии.

*Карамышская впадина (II)*. Сформировалась к югу от Елшано-Сергиевской флексурно-разрывной зоны и на геологической карте выделяется полем развития палеогена среди меловых отложений. В рельефе фундамента прослеживается серия субмеридиональных, дугообразных разломов и разлом вдоль правого берега р. Волги<sup>21</sup>, образующих своеобразную «клавиатуру блоков», характеризующихся абсолютными глубинами залегания поверхности фундамента от -2,4 на севере, до -3,0 км на юге. По выраженности в современном рельефе эта структура относится к типичным «обращенным» формам. Суммарная амплитуда N-Q движений 300-400 м. Характерной особенностью является приуроченность локальных поднятий к меридионально вытянутым блокам кристаллического фундамента, что позволяет ряду исследователей [93, 136] группировать локальные структуры в четыре субмеридионально вытянутые линии, к которым приурочены Багаевская и Колотовская антиклинали.

---

аратов: 1959. - 220с.

<sup>21</sup> Структурная карта поверхности фундамента Прикаспийской нефтегазоносной провинции. М-б - 1:1000000. Ред. Ровнин Л.И., Чебаков С.Е.: - 1986.

*Багаевская антиклиналь (9)*. На структурных картах по карбону представляет собой куполовидное поднятие субширотного направления. По мезозою поднятие представляет собой асимметричную брахиантиклиналь. Эта структура четко выражается по всем морфометрическим показателям. Рельеф структуры полу обращенный.

*Колотовская антиклиналь (10)* расположена в верховьях р. Горючки. Представляет собой асимметричную брахиантиклиналь почти меридионального простирания на юге и северо-восточного на севере. На ранних этапах структура испытала сложное развитие, выразившееся несоответствием структурных планов по карбону и Мз. Окончательное формирование структуры произошло в конце палеогена и в неогене. Величина амплитуд новейших движений - 425 м.

*Воскресенско-марксовская впадина (III)* расположена на левом и правом берегах реки Волги. В пределы территории входит лишь её западная центриклиналь и характеризуется амплитудами новейших движений 100- 350 м.

#### 4.1.1.2. Разрывные нарушения.

На геологических картах [22, 185] число закартированных тектонических нарушений незначительно. Наиболее чётко в поверхностных отложениях выражены флексуры. Эти формы, сформированные в новейший этап развития, правильнее рассматривать как протяженные флексурно-разрывные зоны, в пределах которых, наряду с пликативными дислокациями, присутствуют мало амплитудные разломы и зоны повышенной трещиноватости в разных структурных этажах. Например, в пределах Песчано-Умётской антиклинали - разлом на южном крыле или на Соколовогорской антиклинали - нарушение в карбоне вдоль долины Глебучева оврага. Анализ различных карт, для поверхности кристаллического фундамента (см. рис. 4.1.1.2.-1), космогенной (см. рис. 4.1.1.2.-2), неотектоники (см. рис.4.1.-2), и карты мегатрещиноватости доказывают, что Присаратовский район представляет

собой своеобразный узел тектонических напряжений, проявляющихся в разрывах сплошности горных пород.

На поверхности фундамента, в районе г. Саратова, выявляются разломы северо-восточного и северо-западного простирания, совпадающими с субширотными и субмеридиональными (амплитуды 150-200м). Есть основание полагать, что ряд разломов оказывают определяющую структурообразующую роль в породах осадочного чехла и выражены в современном рельефе и деформациях Mz-Kz отложений, проявляясь в виде флексур, окончательно сформировавшихся в N-Q этап развития.

Наиболее ярким в этом отношении являются Слепцовско-Радищевская и Елшано-Сергиевская флексуры и разломы, параллельные правому и левому берегам р. Волги, т.е. тех «сквозных» тектонических структур, которые в общих чертах определяют современную тектоническую структуру Присаратовского района. В ряде случаев сочетание имеет инверсионный характер. Интерес представляют результаты дешифрирования космических снимков. На карте прослеживается тектонический каркас, предопределенный сочетанием крупных разломов северо-восточного направления и субширотных, образующих крупные тектонические блоки (см. рис. 4.1.1.2.-2.).

Пространственное размещение линеаментов в общих чертах подтверждают сложность разрывной тектоники района. При этом наблюдается закономерность, выраженная в том, что долины 3-4-го порядков отражают крупные региональные разломы, а,- 2-го порядков - мелкие трещины. Вместе с тем, сочетания простираний мегатрещин разного порядка отчётливо (по густоте и простиранию) обособляют крупные блоки, в целом совпадающие с блоками, отражёнными на картах, с распределением амплитуд новейших тектонических движений, выявленных на карте новейшей тектоники.

Из крупных структур проявляются мегатрещины вдоль флексур, разломы северо-восточного простирания, параллельны долинам рек Волги и Курдюма.

*Волжская тектоническая зона* пространственно сопоставима с современной долиной р. Волги, включая её русловую часть и комплекс

С. 23-24157

русловых террас. Она выражена в рельефе кристаллического фундамента в  
рис.4.1.1.2.-1. сканировать и вставить! Фундамент с.164 дис

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Рис. 4.1.1.2.-2. Космотектоническая (отксерить и вставить из дис. С.165)

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

виде грабена с амплитудой погружения от 200 и более метров, а также зоной тектонической мегатрещиноватости, проявленной в виде сочетания многочисленных спрямленных элементов русла, прямолинейных береговых обрывов и прибрежных разломов, фиксируемых на космоснимках.

#### 4.1.2. Гидрогеологические условия.

В основу данного раздела положены материалы нескольких геологических организаций [22, 185, 228].

Практический интерес, с точки зрения возможности использования тех или иных частей геологического разреза для захоронения СВ, представляют только глубокие горизонты Pz возраста. Mz-Kz комплекс пород, по этой причине не рассматривается, а приводится лишь характеристика глинистых пород J<sub>2-3</sub> возраста, изолирующих нижележащие водоносные горизонты от верхних частей гидрогеологического разреза, а также байосский водоносный горизонт, который гидравлически связан с водоносными комплексами C<sub>2-3</sub>.

##### *Водоупорная толща глинистых отложений верхнеюрского возраста - J<sub>3</sub>*

Она повсеместно распространена и отсутствуют лишь на локальных участках, приуроченных к сводовым частям Елшано-Курдюмского поднятия и обнажена в бассейнах рр. Курдюм, Старый Курдюм, Елшанка.

В строении принимают участие глины оксфордского и келловейского ярусов. Глины оксфорда - известковистые, алевритистые, пиритоносные, светло-серые. Распространены на водораздельном пространстве рр. Курдюм и Мордовы. К западу выклиниваются, к юго-востоку толщина возрастает - 10 м.

Келловейский ярус в верхней части сложен известковистыми, плотными, жирными глинами серой и светло-серой окраски с прослоями мергелей. В нижней части преобладают алевритистые разности глин. Толщина слоёв выдержана и увеличивается к югу от 49 до 63 м.

##### *Водоупорная глинистая толща батских отложений - J<sub>2bt</sub>*

Развита повсеместно. Исключение составляют два небольших «эрозионных» окна с выходами на поверхность байосских отложений в долинах рр. Елшанка и Курдюма (в среднем течении). Литологический состав: чередование светло-серых глин и алевроитов. Толщина 50 - 55м.

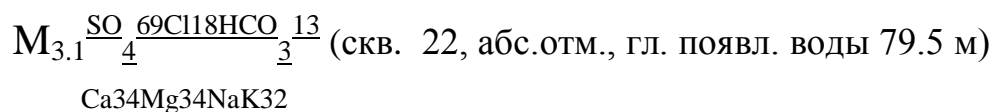
*Водоносный горизонт байосских отложений - J<sub>2b</sub>*

Он распространен повсеместно и залегает на размытой поверхности известняков С<sub>2</sub> и С<sub>3</sub> возрастов. Выходы на дневную поверхность отсутствуют.

Водовмещающие отложения серые и светло-серые, тонко-мелкозернистые пески, реже трещиноватые песчаники, залегающие в основании разреза. Толщины отложений от 1-2 до 12 м. Глубина залегания подземных вод изменяется в зависимости от структурного положения. В долине р. Елшанки водоносные пески байосса вскрыты на глубине 15-25м. На этом же участке на крыльях структур залегают на глубине 140-196 м. Скв. 57, (территория бальнеологической лечебницы г. Саратова), вскрыла водоносные породы на глубине 371 м, в скв. 1 (Багаевская пл.) на глубине 513 м.

Воды напорные и лишь в своде Елшано-Курдюмской структуры, к югу от с. Клещевки, (глубина залегания 15 м), практически безнапорные. По мере погружения водоносных пород напоры увеличиваются от 68 до 200 м. Водообильность горизонта высокая. В скважинах при самоизливе дебит в среднем составляет 1,9-3 л/сек. В единичных случаях от 0,28 до 19 л/сек. Резкие изменения объясняются, в основном, степенью гидравлической связи горизонта с водо-насыщенными известняками зоны контакта пород J<sub>2b</sub> и С<sub>2</sub>(С<sub>3</sub>) и интенсивностью их закарстованности.

Химический состав вод различный и зависит от близости дневной поверхности. При неглубоком залегании, при возможной связи с грунтовыми водами, они слабосоленоватые, сульфатные, смешанного катионного состава.



При возрастании глубины залегания горизонта и связи с водами в известняках мячковского горизонта (С<sub>2</sub>), становятся более соленоватыми,



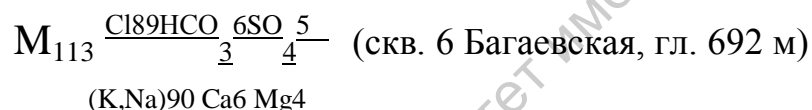
хлоридными, натриевыми.

Питание водоносного горизонта происходит за пределами района в местах выходов водовмещающих пород на поверхность, а также подпитывания солеными напорными водами из отложений  $C_2$ - $C_3$  возрастов.

*Водоносный горизонт верхнекаменноугольных отложений -  $C_3$*

Распространён ограниченно в междуречье р. Латрыка и р. Волги, в южных частях района и за его пределами. Водовмещающими породами являются кавернозные известняки и доломиты гжельского, реже оренбургского, ярусов. Глубины залегания изменяются от 623 до 950 метров.

Воды напорные, статические уровни устанавливаются на абсолютных отметках 50-60 метров, по химическому составу; хлоридные, натриевые, II типа, сильно солоноватые или солёные.



*Водоносный комплекс среднекаменноугольных отложений -  $C_2$*

Подземные воды комплекса объединяют большое количество водоносных пластов, заключенных в отложениях московского и башкирского ярусов  $C_2$ . Они широко распространены, залегая в северных районах под отложениями  $J_2$ , а к югу - под известняками  $C_3$ .

Подземные воды комплекса подразделяются на три водоносных пачки: верхнюю, среднюю, нижнюю:

1. *Верхняя*, включает воды трещинно-пластовые и трещинно-карстового типов в карбонатных отложениях подольского и каширского ярусов московского яруса. Водовмещающие породы - пористые, закарстованные органогенно-обломочные известняки. В них выделяется 5 водоносных пластов, толщиной от 5 до 10 метров, разделенных друг от друга 20-30 метровыми слоями прочных, мелкокристаллических известняков.

2. *Средняя*, включает воды трещинно-порового и пластового типов, заключенные в терригенных отложениях верейского горизонта нижнемосковского подъяруса и в отложениях верхнебашкирского подъяруса.

Один водоносный пласт, толщиной 6 м, отмечается в трещиноватых песчаниках верейского горизонта и три пласта, толщиной по 2,5 м каждый, в песчаниках тепловской (мелекесской) свиты верхнебашкирского подъяруса. Водоносные пласты разделяются пачками глин, толщиной от 6 до 65-100 м. Средняя часть пачки на территории всего Нижнего Поволжья, охватывающие верейские и верхнебашкирские отложения, объединена в единый терригенный комплекс, представленный в основном переслаивающимися песчаниками, глинами и алевролитами. Толщина комплекса пород изменяется с северо-запада на юго-восток от 100 до 285 м. В кровле верейского горизонта повсеместно развита водоупорная пачка плотных аргиллитов, алевролитов и глинистых известняков, толщиной 15 - 80 м.

3. *Нижняя*, воды кавернозных известняков в основании нижнебашкирского подъяруса образуют 7-метровый водоносный пласт, который, гидравлически связан с водоносным комплексом  $C_1$  отложений.

Водовмещающие породы погружаются и увеличивают толщины в направлении с северо-запада на юго-восток от 300 м до 435 м.

Воды напорные. Пьезометрические уровни вод подольского и каширского горизонтов 50-60м. По мере погружения величина напоров растет. Максимальные напоры 903 - 955 м отмечены в погруженных участках на Родионовской площади в пределах Латрыкской впадины. Водообильность пластов от 0,02 до 0,2 л/с. Исключение составляют редкие, высокодебитные (до 14 л/с) скважины на Елшанской площади. Химический состав вод однообразен: хлоридные, натриевые. В зависимости от абсолютных отметок залегания переходят от сильно солоноватых в солёные и рассолы.

Область питания приурочена к выходам пород на поверхность и удалена от района на десятки километров. Естественные ресурсы значительные. Внимание к ним проявляется как к водам газонефтяных месторождений. В них присутствуют (в мг/л) Br - 388.94, J - 4.82, B - 36.79.

*Водоносный комплекс нижнекаменноугольных отложений  $C_1$*

В водоносный комплекс объединены пласты, развитые в отложениях

серпуховского, визейского и турнейского ярусов, которые распространены повсеместно. Подземные воды образуют пять водоносных пластов: три в разрезе нижнеамюрского подъяруса и два - в окско-серпуховских известняках; толщиной от 5 до 15 метров. Водоупорами являются плотные известняки. Глубина залегания водовмещающих пород в скважинах Елшанско-Курдюмской площади изменяется от 433 до 743 метров.

Воды напорные. Высота напора растет в зависимости от погруженности территории. На Песчано-Умётской - 132 м (скв. 9), до 737 м (скв.2) - на Елшанской. По химическому составу: хлоридные, натриевые рассолы, с минерализацией 51 - 102,9 г/л.

Подземные воды средней части комплекса, заключенные в песках и трещиноватых песчаниках тульского и бобриковского горизонтов яснополянского надъяруса (надгоризонта), визейского яруса, образуют два водоносных пласта толщиной по 8 метров.

Эта часть разреза разделяет коллектора второго резервуара от третьего, и водоносные горизонты характеризуются по всем площадям незначительной водообильностью - 0,01 - 0,05 л/с.

По химическому составу это хлоридные, натриевые рассолы с минерализацией от 90 до 148 г/л. Минерализация вод яснополянского надгоризонта возрастает в направлении регионального погружения пластов. Если в северной части зоны Саратовских дислокаций (Тёпловка) минерализация бобриковского водоносного пласта на глубине 510 м составляет 79.9 г/л, то южнее, в Елшанке, в интервале 876 - 878 м возрастает до 144.7 г/л, Соколовая гора, на глубине 1060 - 1065 м до 176.6 г/л.

Подземные воды нижней части комплекса приурочены к закарстованным известнякам верхней части турнейского яруса кизеловского горизонта. Глубина залегания от 780 м до 1786 м (скв.6 - Дмитриевская площадь).

В карбонатных отложениях турнейского яруса в зависимости от литологии выделено несколько водоносных пластов (до 6 на Соколовогорской площади). Удельные дебиты от 0,14 до 0,52 л/с, при понижениях от 70 до 497

м. Воды хлоридные, кальциевые, минерализация до 178 г/л. В них содержатся повышенные концентрации (в мг/л): J - 7- 13.7, Br - 426.24 - 694.54 и В -30.13.

Наиболее важными в региональном плане водоупорами являются аргиллитовые толщи в кровле верейского и бобриковского (тульский) горизонтов. Однако, как показал опыт разработки многих нефтяных месторождений, при значительных депрессиях наблюдаются признаки гидродинамической связи между разделёнными горизонтами.

*Водоносная толща верхнедевонских отложений - Д<sub>3</sub>*

На основании приуроченности вод к литологически различным частям разреза осадочного чехла они подразделяются на две части:

- *верхнюю*, с водами в карбонатных отложениях данково-лебединского горизонта фаменского яруса, верхнефранского подъяруса и верхней части нижнефранского подъяруса отложений семилукского и саргаевского горизонтов;

- *нижнюю*, с водами в терригенных отложениях нижней части нижнефранского подъяруса Д<sub>3</sub>.

Водовмещающие породы верхней части: пористые, трещиноватые, доломитизированные известняки. В нижней части - трещиноватые белые кварцевые песчаники и алевролиты, редко аргиллиты.

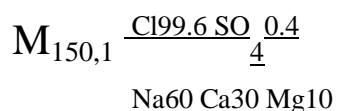
Глубина залегания водовмещающих пород зависит от структурного положения: 915 - 935 м (Елшанская площадь), 1132 м - (Грузиновская пл.). Напоры вод составляют соответственно 876 и 1132 м. Абсолютные отметки пьезометрического уровня изменяются от 64 м до 54. Дебиты незначительны - 0,006 - 0,007 л/с. По химическому составу - хлоридные, натриевые рассолы с минерализацией 70 - 100 г/л. Движение вод в юго-восточном направлении.

Эта часть гидрогеологического разреза является основанием третьего резервуара, рассматриваемого в качестве объекта для захоронения промстоков.

Подземные воды нижней части толщи залегают в терригенных отложениях кыновского и пашийского горизонтов нижнефранского подъяруса. Сведения об условиях залегания вод в кыновских отложениях (пласт Д<sub>1</sub>)

С. 23-24165

приведены по скв.27 - Елшанской площади: глубина появления воды 1654 м, статический уровень 65 м, абсолютная отметка +33 м, при удельном весе 1.131 высота напора 1589 м, Дебит - 0,8 л/с; появление воды пашийского горизонта 1807 м, статический уровень 62 м, абсолютная отметка +36 м, высота напора 1745 м, дебит - 1л/с. По химическому составу это хлоридные, натриевые рассолы:



Движение вод идет по Рязано-Саратовской впадине с северо-запада на юго-восток. Практического значения воды не имеют.

#### *Водоносная толща среднедевонских отложений - Д<sub>2</sub>*

Распространена повсеместно, но изучена слабо и только в отложениях живетского яруса. Водовмещающими породами являются трещиноватые песчаники и алевролиты. Глубина залегания изменяется от 1950 до 2502 метров (скв.27 - Елшанская пл., скв.12 - Багаевская пл.), воды высоконапорные, высота напора от 1930 м (скв. 27) до 2302 м (скв. 12), дебиты от 0.016 до 0.65 л/с.

По химическому составу это хлоридные, натриевые рассолы с минерализацией 172.6 г/л (скв.27 гл.2175 м - Елшанская). Практического значения воды не имеют.

Данных о водоносности пород кристаллического фундамента (архей, протерозой) и нижнего девона нет.

Анализ гидрогеологического разреза территории показал, что с точки зрения коллекторских свойств, наличия и толщины региональных покровов (глинистые породы) наибольший интерес, с позиций возможного сброса в них промстоков, представляют три карбонатных резервуара палеозоя. Первый - надверейский, второй - надтульский и третий - надкыновский. В связи с характеристикой трёх резервуаров приведённых в главе 3, их не повторяем.

#### 4.2. Принципы районирования.

Основой для построения карты районирования (масштаб 1:100 000) по условиям захоронения промтоходов послужили карты тектоники (см. рис.4.1.-1.), неотектоники (см. рис.4.1.-2), с элементами трещиноватости и мегатрещиноватости, а также карты космодешифрирования фотоснимков (см. рис.4.1.1.2.-2). Используются данные по подземным резервуарам палеозоя, распространению водоупорных толщ и характеристика водоносных горизонтов.

При оценке территории применён оценочный вид районирования. В его основу положен метод балльной и экспертной оценки по основным показателям, определяющим условия захоронения: наличие поглощающих резервуаров, присутствие в разрезе водоупоров, интенсивности неотектонических движений, наличие благоприятных структур, степени проявления разрывной тектоники и густоты мегатрещиноватости, присутствие (нет) полезных ископаемых (УВ, пресных, минеральных, промышленных вод)..

Выделено 4 основных градации признаков, отражающих степень благоприятности условий захоронения: благоприятные, условно благоприятные, условно неблагоприятные и неблагоприятные.

Все три резервуара (коллектора) присутствуют на изученной территории, но их распространение по площади неоднозначно. Тем более, как было установлено [6, 7, 14, 221], коллекторские свойства улучшаются в участках с интенсивным проявлением неотектонических движений положительного знака. Это, как правило, площади (структуры) с известными нефтегазовыми месторождениями (Соколовогорское и др.). Эти два признака действуют, взаимозависимо, но их роль в оценке территории противоположна. Чем выше интенсивность движений, тем не благоприятнее район для целей утилизации промстоков. Они нарушают изоляционные свойства водоупоров но, в тоже время, способствует улучшению коллекторских свойств резервуаров.

Глубина залегания коллекторов также определяет категорию благоприятности территории. Так, например, даже при наличии  $J_3$ - $J_2$  регионального водоупора его приповерхностное (0 - 200 м) залегание дает основание отнести район к неблагоприятным. Это тем более обосновано, что

такой характер залегания обусловлен максимальными (+875 м) амплитудами движений, которые привели к формированию интенсивной трещиноватости пород и, следовательно, к их вероятной проницаемости. Карта мегатрещиноватости отразила их широкое развитие. В итоговую карту районирования (см. рис. 4.4.-1.) данные по трещиноватости вынесены частично (только характерные и выраженные в рельефе). Особенно интенсивно мегатрещиноватость проявлена в пределах флексур и долине р. Волги. В её пределах выделена Волжская тектоническая зона. Соответственно, весь район, прилегающей к ней и площади развития флексур на карте, показаны как неблагоприятные. Это же отражено и в таблице 4.3.-6. Оценка района в баллах по этому признаку: 4 - 0 отражает важность присутствия месторождения на отнесение его к категориям благоприятным или неблагоприятным. Дело в том, что нефтегазоносность всего региона диктует особые условия к такой градации. С одной стороны, захоронение подтоварных вод, добываемых при эксплуатации месторождений, широко практикуется (Соколовогорское, Гусельское, Лимано-Грачёвское, Смородинка и др.), с другой, отработка месторождения создает резервуары, которые впоследствии можно использовать для захоронения. Так поступили с Елшанским и Песчано-Уметским, используя коллектора для подземного хранения газа (ПХГ). Эти объекты начинают использовать и для захоронения в них токсичных отходов (Песчано-Уметское, Елшанско-Курдюмское, Степновское). После оценки района в баллах, фактор наличия месторождения при окончательном районировании, как правило, приводит его в разряд неблагоприятных.

#### 4.3. Характеристика участков.

*Участки, благоприятные по условиям захоронения промстоков* (см. рис. 4.3.-1). К таким участкам относятся юго-западная часть Свинцовского прогиба (1-Д Корсаковская депрессия (1-Г), представляющие собой относительно погруженные участки Присаратовского мегавала (I), а также северо-западная

часть Карамышской впадины (II) и северо-западная –

Табл. 4.2.-1

По наличию подземных резервуаров территория подразделяется на районы:

Условия	Наличие (сочетание) признаков	Баллы
Благоприятные	присутствие 3-х горизонтов- коллекторов	3
Условно благоприятные	Присутствие 2-х горизонтов	2
Условно неблагоприятные	присутствие 1-го горизонта	1
Неблагоприятные	отсутствие коллекторов	0

Табл. 4.2.-2.

По интенсивности и амплитуде неотектонических движений

Условия	Суммарная амплитуда неоген-четвертичных движений в метрах	Баллы
Благоприятные	впадины, ампл. 300-350	4
Условно благоприятные	крылья впадин, ампл. 400-500	3
Условно неблагоприятные	крылья валов, ампл. 500- 600	2
Неблагоприятные	валы, антиклинали, ампл. более 600-700	1



Табл. 4.2.-3.

## По наличию водоупорных покрышек

Условия	Наличие водоупоров	Баллы
Благоприятные	присутствуют водоупорных горизонта	3 4
Условно благоприятные	присутствуют водоупорных горизонта	2 3
Условно неблагоприятные	присутствуют водоупорный горизонта	1 1
Неблагоприятные	отсутствие	0

Табл. 4.2.- 4.

## По наличию разрывов и густоты мегатрещин

Условия	Характеристика нарушенности	Баллы
Благоприятные	отсутствие крупных разломов, мегатрещиноватости	4
Условно благоприятные	низкая степень густоты мегатрещиноватости	3
Условно неблагоприятные	средняя густота мегатрещин	2
Неблагоприятные	разломы и их пересечения, густая сеть мегатрещин	1

Табл. 4.2.-5.

## По наличию полезных ископаемых

Условия	Присутствие	Баллы
Благоприятные	нет	4

С. 23-24170

Неблагоприятные	есть	0
-----------------	------	---

Табл. 4.2.-6. есть файл

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Табл. 4.2.- 7.

Сводная таблица оценочных признаков и интервалы количественных оценок, отражающих степень благоприятности условий захоронения  
промстоков

Признаки	Степень благоприятности в баллах			
	Благоприятные	Условно благоприятные	Условно неблагоприятные	Неблагоприятные
Коллектора:	3	2	1	0
Амплитуда неотектонических движений	4	3	2	1
Водоупоры	3	2	1	0
Разрывы, мегатрещины	4	3	2	1
Полезные ископаемые	4	3	1	0
Сумма баллов	18	13	7	2
Диапазонное изменение	18-15	14-9	8-4	3-1
Вид штриховки на карте	решетчатый	параллельный	вертикальный	без штриховки

Воскресенско-Марксовской впадины (III). В пределах этих структур отмечается присутствие всех трех резервуаров, залегающих на глубинах  $> 1000$  м, с регионально-выдержанными глинистыми покрывками. Для них характерны низкая степень мегатрещиноватости и малое количество выявленных тектонических нарушений, обусловленное относительно слабыми неотектоническими движениями положительного знака. Гидрохимические особенности водоносных горизонтов: минерализация вод  $> 100$  г/л свидетельствуют о наличии в них застойного режима и зоны весьма затрудненного водообмена. К сожалению, эти территории недостаточно изучены глубоким бурением, за исключением Карамышской впадины, где выявлены Багаевская и Колотовская антиклинальные складки, содержащие промышленные залежи УВ.

*Участки, условно благоприятные* приурочены к Слепцовско-Полчаниновскому валу (1-Б) и к юго-западному окончанию Елшано-Сергиевского вала (1-А) в районе Грузиновской (6) и Песчано-Умётской площадей (7), в пределах которых условно благоприятными являются участки, примыкающие к северо-западным крыльям одноимённых антиклинальных складок, содержащих месторождения нефти и газа. Что касается Песчано-Умётской структуры, то в настоящее время эта антиклиналь используется в качестве ПХГ и в её пределах построен ППЗП.

Таким образом, условно благоприятные участки характеризуются присутствием всех трех резервуаров-коллекторов, залегающих на больших глубинах ( $> 800$  м), застойным режимом подземных вод, отсутствием скоплений УВ и достаточной разбуренностью.

*Участки, условно неблагоприятные*, располагаются в пределах пологих крыльев Елшано-Сергиевского (1-А) и Хлебновско-Радищевского валов (1-В) с приповерхностным залеганием первого коллектора. Территории этих участков контролируются выходами на дневную поверхность юрского

регионального водоупора за пределами контура месторождений нефти и газа в таких одноименных структурах как Елшанская (5), Хлебновская (3) и др.

В районе Карамышской впадины к таким участкам относятся западные части площадей: Багаевская (9), Колотовская (10), вне контуров нефтегазоносности и к западу от крупных тектонических нарушений северо-восточного простирания. В пределах этих участков отмечается присутствие всех трех резервуаров и надежных региональных водоупоров, застойный режим подземных вод.

*Участки неблагоприятные.* К ним относятся территории промышленно-селитебной застройки, крутые крылья флексур (Елшано-Сергиевской, Слепцовско-Полчаниновской, Хлебновско-Радищевской), а также площади разрабатываемых месторождений УВ. Месторождения отработанные, но используемые в качестве ПХГ (Елшанское и Песчано-Умётское).

Области с проявлением движений ( $> 600$  метров) за неоген-четвертичный этап, как правило, являются тектоническими структурами, к которым приурочены месторождения УВ. Активизация движений, сопровождалась увеличением числа нарушений, что могло приводить к ухудшению изолирующих свойств покрышек. Подтверждением вертикальной проницаемости водоупоров могут быть: 1. многоярусность продуктивных горизонтов в пределах одной структуры (Соколовогорское - 13 горизонтов), 2. газовые ореолы над месторождениями, 3. присутствие в шлихах минералов (киноварь, пирит, самородные свинец, цинк и др.) [165, 166, 267].

Сюда же отнесены районы с неглубоким залеганием резервуаров. Он хотя и перекрыт юрским региональным водоупором, но с глубинами  $< 100$  м., в сочетании с нарушениями не может рассматриваться в качестве благоприятного. Без штриховки показаны районы развития флексурно-тектонических зон.

При определении значимости их удельного веса, характеризующих интенсивность неотектонических движений, существенное значение имеет анализ региональных инженерно-геологических условий. При проведении

инженерно-геологического районирования Саратовской области, обособились территории, в пределах которых дифференциация движений выражается в различии амплитуд, в зависимости от приуроченности к тем или иным неотектоническим структурам (антеклизы – синеклизы) и амплитуд движений в пределах валов, прогибов и приуроченных к ним локальных поднятий<sup>22</sup>. Дифференциация амплитуд новейших движений позволила построить шкалу значений и оценить неотектонические условия в баллах по степени благоприятности их влияния на безопасность размещения ППЗ.

#### 4.3. Выводы.

На территории Саратовского промузла выделено четыре типа участков:

*Благоприятные*, характеризуются присутствием в разрезе I-II-III резервуаров. В тектоническом плане приурочены к депрессиям, прогибам, впадинам, с +350м амплитудами движений и низкой степенью развития мегатрещиноватости.

*Условно благоприятные* расположены в пределах пологих крыльев валов за контурами антиклинальных складок, содержащих скопления нефти и газа.

*К условно неблагоприятным* отнесены участки, расположенные в пределах поисково-разведочных площадей вне контуров распространения месторождений нефти и газа, а также за пределами контуров ПХГ.

*Неблагоприятными* участками - территории промышленной и селитебной застройки, месторождений УВ, крылья флексур и практически вся территория, примыкающая к Волжской тектонической зоне, являющейся зоной повышенной современной сейсмической активности [241].

Первоочередные объекты для постановки исследований при выборе мест для ППЗП: территории С-3 части Елшано-Сергиевского вала, площади

---

Чебаков С.Е.: - 1986.

<sup>22</sup>Эколого-ресурсный атлас Саратовской области. / Под ред. В.С. Белова. Карта инженерно-геологического районирования Саратовской области м-ба 1: 500 000. Токарский О.Г., Худяков Г.И., Жукова Е.В., Зайонц А.В., Ваньшин Ю.В. Изд. Комитета Охраны окружающей среды и природных . ресурсов Саратовской обл. - Саратов, 1996.

С. 23-24175

Елшанской, Песчано-Умётской, в Ю-З и З частях, Карамышской впадины.

Рис.4.3.-1. Карта районирования есть - 1 стр.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

## Раздел .I. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ РЯДА ППЗП.

В работе дано обоснование безопасности размещения нескольких ППЗП: «Волжский Оргсинтез» и Песчано-Умётский охарактеризованы подробно, Елшано-Курдюмский и Степновский - в сжатой форме, с показом методических приёмов, применённых на каждом из объектов.. На Соколовогорском, Гусельском, Лимано-Грачёвском месторождениях углеводородов и на базе ЦПТНГ «Смородинка» составлены проекты на захоронение сточных вод с организацией сети наблюдательных скважин и программой мониторинга [238, 239, 240, 241].

На Соколовогорском ППЗП с помощью моделирования гидродинамических прогнозных расчётов определены вероятные направления движения промстоков в коллекторах (ПК **IRAP RMS** компании **ROXAR**). Решались задачи по оценке совместимости сточных вод с пластовыми водами и породами методом математического моделирования физико-химических процессов на ЭВМ по ПК «Селектор-С». Также разработан алгоритм и обоснованы оптимальные пути нейтрализации промстоков.

Размещение характеризуемых полигонов подземного захоронения промстоков показано на рис. 1.



С. 23-24177

Рис. 1. Карта размещения полигонов подземного захоронения промстоков

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

## **Глава 5. ЗАХОРОНЕНИЕ ПРОМСТОКОВ НА ТЕРРИТОРИЯХ РАЗВИТИЯ СОЛЯНОКУПОЛЬНОЙ ТЕКТониКИ В ТЕРРИГЕННЫЕ КОЛЛЕКТОРА МЕЗОЗОЯ, НА ПРИМЕРЕ ППЗП «Волжский Оргсинтез».**

Размещение в солянокупольных областях ППЗП может привести к катастрофическим последствиям из-за загрязнения окружающей среды [48, 49, 105, 198]. Это связано с тектоническими движениями соляных структур, способных нарушить герметичность непроницаемых, тектонических нарушений, образованию новых или приводить к авариям на скважинах.

Повышенные требования к обеспечению безопасности, наряду с расширением существующих представлений о влиянии солянокупольной тектоники на природно-техногенные системы, привели к разработке общей концепции оценки различных типов территорий в солянокупольных областях по их пригодности для размещения ППЗП [246, 247] и доказательно обосновать роль деформаций напряжения в формировании зон повышенной трещиноватости и флюидопроницаемости разрывных нарушений над соляными куполами [249, 250, 251].

### **5.1. Состояния изученности ППЗП ОАО «Волжский Оргсинтез».**

Решение о глубинном захоронении промстоков было принято в результате сложившейся катастрофической экологической обстановки в районе пруда-накопителя «Большой Лиман», куда сбрасывались коммунальные стоки г. Волжского и ряда его предприятий.

Часть вод комбината подаётся на разбавление химзагрязнённых СВ предприятий г. Волжского, после чего направляется в пруд-накопитель, площадью 40 км<sup>2</sup> и проектного объёма 130 млн. м<sup>3</sup>. Наибольшая глубина ≈ 5 м. В основании залегают хвалынские «шоколадные» глины, под ними – хазарские и ательские пески и супеси толщиной 25-30 м, в которых находится пресный горизонт грунтовых вод, гидравлически связанный с р. Ахтубой.

Начало загрязнения грунтовых вод зафиксировано в 1983г, когда уровень

воды в «Большом Лимане» достиг +19,1 метр и толуол, формальдегид, цианиды и т.д. появились в ательском и хазарском водоносных горизонтах [198, 199].

ППЗП ОАО «Волжский Оргсинтез» является уникальным инженерным сооружением. Однако требования остановить его работу, как экологически опасного, звучали на страницах местных газет «Волжская правда» и «Наш город». Это мнение журналистов и экологов основывается на выступлениях и публикациях ряда ученых<sup>23</sup>.

История создания ППЗП начинается с 1971 г, когда в районе Паромненского и Ленинского соляных куполов гидрогеологическая экспедиция №26 ТГУ Мингео СССР, начала проводить предварительное изучение условий подземного захоронения промстоков Волжского химкомбината г. Волжского. По результатам работ в качестве перспективных зон для сооружения полигонов рекомендованы межкупольные мульды Центрального прогиба.

В 1976 г. ВНИИ«ВОДГЕО» было выдано заключение о целесообразности закачки жидких отходов Волжского завода органического синтеза в глубокие подземные горизонты в количестве 6000 м<sup>3</sup>/сут. НВ ТГУ письмом от 15.II.77 № 20/5620 подтвердило возможность закачки в байосские отложения, обусловив необходимость проведения опытных закачек для определения изолирующей роли Западного разлома.

Обобщающим, проведённых для этих целей геолого-разведочных работ, стал отчёт Московского НПО «НИОПИК» за 1974-1993 гг. Был выполнен огромный объём геолого-гидрогеологических и гидродинамических исследований: пробурено 14 скважин (4 нагнетательных и 10 наблюдательных), глубиной свыше 1 км и сделан вывод о герметичности «Западного» разлома. Авторами отмечено: «при закачке стоков до 5000 м<sup>3</sup>/сут, в течение 25 лет, фронт их распространения не достигнет разлома» [90].

В связи с протестными выступлениями в прессе по вопросам оценки экологической безопасности полигона, проходили совещания, работали

---

бл. - Саратов, 1996.

<sup>23</sup> Худяков Г. И. О геоэкологических условиях захоронений промстоков в недрах Земли // Тр. НИИ геологии СГУ. Нов. Сер.. Т.1. - Саратов: ГосУНЦ Колледж, 1999. - С.201-206

правительственные комиссии, давались экспертные заключения.

Например, на основе выполнения «Численно-имитационной экспертизы результатов опытной закачки чистой воды и модельных растворов» сотрудниками ЭИЦ «ЭПОС» (г. Москва) дано положительное заключение о возможности продолжения опытной закачки<sup>24</sup>.

В 1994 году «ВолгоградНИПИнефть» дано экспертное заключение, в котором отмечено, что «участок для сооружения полигона выбран в крайне неблагоприятных геолого-гидрогеологических условиях: на склоне Паромненского купола, вблизи тектонических нарушений амплитудой от 25 до 100 м, осложняющих его свод и являющихся в большинстве случаев водопроводящими». Для дальнейших работ на объекте предлагалось «привлечь вневедомственную организацию Госкомнедра». Однако, была выдана лицензия «на доизучение условий подземного захоронения промстоков в районе центральной части межкупольной мульды и проведение опытно-промышленного нагнетания, при условии сооружения дополнительных скважин и объеме закачки не > 2-3 млн. м<sup>3</sup>» [В.И.Титов, В.С.Левченко, 1994].

В 1994 г. Волгоградгеолкомом зарегистрирована лицензия ВЛГ № 00130 ЗП, на право проводить геологическое изучение условий захоронения промышленных отходов через поглощающие скважины до 31.12.1997г.

В начале 1993 г, по согласованию с руководством геологической службы Волгоградской области и администрацией завода «Волжский Оргсинтез», изучение объекта включено в Федеральную программу «Экологическая безопасность России» (г. Москва), гранд по которой был получен автором.

Знакомство с материалами показало, что необходимо провести дополнительный анализ данных с помощью методов, ранее не применявшихся на этом объекте. Их суть заключалась в выявлении новых или подтверждения уже существующих тектонических нарушений и определения их вероятной

---

ж, 1999. - С.201-206

<sup>24</sup> Зильберт В.С., и др. Численно-имитационная экологическая экспертиза результатов опытной закачки чистой воды и модельных растворов на промплощадке ОАО «Волжский Оргсинтез» с целью выявления возможности глубинного захоронения неочищенных жидких промотходов / Фонды ВГЭ, Экпертно-инженерный центр (ЭПОС). - М.: 1994. – 48 с.

проницаемости. Оценка базировалась на основе анализа гидродинамических параметров и гидрохимических характеристик водоносных горизонтов [47].

Развитие трещиноватости рассматривалось в историческом аспекте, с учётом новейшего этапа тектонической истории, на основе морфометрических методов и дешифрирование аэрофотоматериалов.

Была выполнена техническая экспертиза полученных расчётных гидродинамических параметров (раздел 5.6), построены карты приведённых напоров водоносных горизонтов. Они подтвердили необходимость учёта изменения плотности воды и погрешностей в определении напоров при анализе существующей гидродинамической обстановки и её изменение в процессе закачки промстоков. Такой подход позволил более полно оценить безопасность данного объекта [271. 272, 273].

В 1995 г по заданию Волгоградского областного комитета по охране природы российско-американская фирма JCF/ЕКО провела независимую экспертизу материалов и сделала вывод о необходимости проведения опытно-промышленной закачки продолжительностью не менее 2 лет, на основе результатов которой можно выяснить возможность дальнейшей закачки стоков и разработать проект промышленной закачки.

Результаты измерений вертикальных и горизонтальных деформаций земной коры на геодинамическом полигоне в пределах Паромненской структуры, проведённые в 1997-2000 годах, подтвердили не стационарность движений во времени. Получены данные о скорости движения соляного купола, которые оказались на порядок выше, известных в Прикаспии ранее [156, 199].

В отчёте «Характеристика современного состояния использования недр для подземного захоронения промышленных отходов в Российской Федерации» [303], раздел 3.6.3, дана характеристика этого ППЗП, и были сделаны следующие выводы: 1. «Западный разлом» герметичен и является экраном по отношению к закачиваемым стокам; 2. Водоупоры надёжно перекрывают поглощающий нижнебайосский пласт-коллектор; 3. Рекомендовано подготовить одну из нагнетательных скважин для закачки

жидких отходов в резервный верхнебайоский горизонт; 4. Перенос полигона к центру Восточно-Паромненской мульды нецелесообразен; 5. Строительство дополнительных скважин для уточнения характера распространения фронта закачиваемых промстоков не нужно.

Обращает на себя внимание, что авторами не были учены проявления в пределах объекта активных неотектонических и современных движений.

## 5.2. Геологическое строение района.

### 5.2.1. Стратиграфия

По материалам Ю.Н.Веретенникова и др. [90], охарактеризован разрез осадочной толщи, вскрытый 41 скважиной, использованы также данные С.И.Застрожной, В.А.Застрожной, В.И.Титова<sup>25</sup>.

ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА

ПЕРМСКАЯ СИСТЕМА

#### **Нижний отдел**

*Кунгурский ярус.* Кунгурские отложения представлены каменной солью белой, участками с красноватым оттенком, с редкими прослоями ангидритов и глин красновато-коричневых, плотных, крепких. Вскрытая толщина 1064 м

#### **Верхний отдел**

Отложения условно выделяются по геофизическим данным, в объёме уфимского (красноцветная толща переслаивающихся глин, песчаников и алевролитов), казанского (терригенно-сульфатные отложения) и татарского (глины красно-бурые) ярусов.

МЕЗОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА

ТРИАСОВАЯ СИСТЕМА

#### **Нижний отдел**

*Ветлужская серия* представлена пестроцветной терригенной толщей.

*Баскунчакская* - карбонатно-глинистой толщей зеленовато - и голубовато-

серой окраски, с частыми разводами и пятнами красно-коричневых, малиновых, сиреневых, желтых оттенков.

**Средний отдел** - отсутствует

**Верхний отдел**

Представлен серыми, темно-серыми, зеленовато-серыми, жёлто-бурых глинами с обугленным растительным детритом и со слоями (до 1,5м) песчаников, реже алевролитов. В сводовых частях куполов толщина отложений от 11м до 50м (1-Н, 2-Н), в межкупольных впадинах > 2000м.

ЮРСКАЯ СИСТЕМА

Отложения юры развиты повсеместно и представлены породами среднего и верхнего отделов в объёме байосского, батского, келловейского, оксфордского и волжского ярусов.

**Средний отдел**

*Байосский ярус.* Породы залегают с угловым несогласием на триасовых отложениях. В основании разреза развиты пески и песчаники кварцевые, слабосцементированные, светло-серые, разномерные с прослоями алевролитов, темно-серых глин и известняков. Вверх по разрезу сменяются тёмно-серыми глинами с прослоями песчано-алевритового материала. Выше залегают песчаники светло-серые, кварцевые, мелко- и среднезернистые, с прослоями тёмно-серой глины и известняка светло-серого, глинистого.

Верхняя часть разреза сложена глинами тёмно-серыми почти чёрными, с прослоями алевролитов и песчаников зеленовато-серых, с прослоями известняка. Толщина отложений-170м на сводах куполов, до 250м в межкупольных впадинах.

*Батский ярус,* представлен глинами серыми, зеленоватыми, с пиритизированными остатками растений и алевролитами толщиной 0-20 м.

**Верхний отдел.**

Распространён в объёме келловейского, оксфордского и волжского ярусов.

*Келловейский ярус,* представлен глинами серыми, алевролитистыми с

прослоями алевролитов глинистых. Толщина 0-20 м.

*Оксфордский ярус*, сложен известковистыми глинами толщиной 0-20 м.

*Кимериджский ярус* - отсутствует.

*Волжский ярус*, сложен песчаниками кварцевыми, зеленовато-серыми и серыми мергелями с прослоями алевролитов, известняков и глин. Толщина от 0 м в сводах поднятий, до 105 м в межкупольных впадинах.

#### МЕЛОВАЯ СИСТЕМА

##### **Нижний отдел**

Нижнемеловые отложения распространены повсеместно в объеме готерив +барремского, аптского и альбского ярусов.

*Готеривский+барремский ярусы*. Отложения представлены песчаниками глауконитово-кварцевыми, серыми и зеленовато-серыми, разномерными, с прослоями глины и алевролитов, толщиной 35-45 м.

*Аптский ярус*. Сложен чередованием глин алевролитовых, темно-серых, слюдяных с алевролитами и песчаниками глауконитово-кварцевыми серыми и зеленовато-серыми, толщиной 40-70м.

*Альбский ярус*. Отложения представлены нижней песчаной и верхней глинистой пачками. Пески серые, мелкозернистые кварцевые, вверх по разрезу становятся глауконитово-кварцевыми, средне - и крупнозернистыми, с прослоями песчаников, глин. Глины темно-серые, аргиллитоподобные, слюдяные с прослоями песчаников и песков, толщиной 65-75 м.

##### **Верхний отдел.**

Выделяется в объеме сеноманского, турон-коньякского, сантонского и кампанского ярусов.

*Сеноманский ярус*. Сложен песками зеленовато-серыми, глауконитово-кварцевыми с прослоями песчаников и алевролитов, толщиной 20-30 м.

*Туронский + коньякский ярусы*. Отложения представлены известково-мергельным комплексом: мел белый, в кровле слоем мергеля, в основании песчаный мел. Толщина 50-70 м.

*Сантонский + кампанский ярусы*. Состоят из переслаивающихся опок,



глин, мергелей. Опоки серые, тонкослоистые. Глины темно-серые аргиллитоподобные. Мергели светло-серые, песчанистые. Толщина 80 - 195 м.

**КАЙНОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА**

**ПАЛЕОГЕНОВАЯ СИСТЕМА**

**Нижний отдел (палеоцен).**

В основании разреза залегает конгломератовидный зеленый глауконитовый песчаник толщиной 0,5-1,0 м. Нижняя его часть сложена опоками серыми, алевритистыми, слюдистыми. Выше - чередование глин тёмно-серых опоквидных и алевритистых, песчаников и алевролитов серых и зеленовато-серых, кварцево-глауконитовых. Толщина 220-370 м.

**Средний отдел (эоцен).**

В нижней части: алевролиты глинистые, серые и зеленовато-серые, с прослоями песчаников и глин. Верхняя: глины, тёмно-серые, аргиллитоподобные, с прослоями песчаников. Толщина 60 - 100 м.

**Верхний отдел (олигоцен).**

Представлен глинами зеленовато-серыми и темно-серыми, алевритистыми, пластичными. В основании песчаники зеленовато-серые, полевошпатово-кварцевые. Толщина 70-90 м.

**НЕОГЕНОВАЯ СИСТЕМА**

**Верхний отдел (плиоцен).**

Сложен песчано-глинистыми образованиями акчагыльского и апшеронского ярусов. Пески серые, желтовато-серые, разнозернистые, выше по разрезу тонкозернистые, кварцевые глинистые; глины зеленовато - и буровато-серые, пластичные, жирные. Толщина до 70 м.

**ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СИСТЕМА**

Отложения представлены глинами желтовато-серыми, бурыми, суглинками и супесями. Толщина - до 25 м.

**5.2.2. Тектоника.**

Район в тектоническом плане относится к центральной части западной

прибортовой зоны Прикаспийской синеклизы (ПС). Западной границей ПС служит Главный Волжский разлом, протяжённостью более чем 500 км. Разлому соответствует гравитационная ступень, интерпретируемая как резкое ступенеобразное понижение кристаллического фундамента в сторону ПС по системе сбросов. Вверх по разрезу амплитуда разлома затухает и бортовому уступу фундамента в осадочном чехле соответствует Волгоградская флексура и сопряжённые с ней разрывы. Кристаллическое основание - на глубине 17 км.

Для характеристики соляных структур и тектонических нарушений использованы материалы [24, 25, 156, 160, 161, 242, 259, 261, 288].

Платформенный чехол подразделяется на подсолевой, соленосный и надсолевой комплексы, каждый из которых образует самостоятельный структурный этаж.

К подсолевому комплексу относятся докунгурские палеозойские образования. К соленосному – сульфатно-галогенная толща кунгурского яруса нижней перми. К надсолевому – верхнепермские и мезозойско-кайнозойские образования. Именно эта часть разреза нас и интересует.

На рассматриваемой территории в сводовой части Ахтубинско-Тингутинской антиклинали расположены Паромненское (территория ППЗП) и Южно-Паромненское (северная переклираль) поднятия. В сводовой части Приозёрной гряды – Лиманное и Ленинское.

Строение верхнего структурного этажа определяется особенностями развития соляной тектоники. Рост соляных структур развивался неравномерно. Обычно периоды интенсивности роста соляных структур (фаз куполообразования) связывают с региональными подъёмами в предбайосское, предволжское, предваланжинское, предготеривское, предаптское, предпалеогенное времена и продолжается в голоцене.

В процессе роста куполов и вследствие перемещения масс соли менялась их форма. Разнонаправленные движения блоков осадочных пород на относительно малой площади обусловили деформацию вышележающих пород надсолевого комплекса и возникновение тектонических нарушений.

Свод Паромненской структуры осложнён системой сбросов, ориентированной по простиранию соляной структуры. Углы наклона восточных плоскостей сброса  $55^{\circ}$  и западных –  $45^{\circ}$ .

В зоне сочленения Заплавненской мульды с Лиманным и Ленинским поднятиями Приозёрной гряды бурением выявлены тектонические нарушения (сбросы) с плоскостями наклона в сторону мульды. Западное тектоническое нарушение (между скв. В-6 - В-2) представлено системой сбросов с уступообразным погружением в сторону мульды, амплитуда сброса 150 м.

В плане структурные элементы надсолевого комплекса наследуют рельеф поверхности соленосной толщи, приобретая более сглаженные формы с тенденцией выполаживания в вышележащих отложениях. Амплитуда погружения мульд - от 400-500 м по нижним горизонтам, до 300 м – верхним.

Движения неоген-четвертичного времени привели к общему поднятию территории Приволжского региона. Тенденция к поднятию в пределах соляных куполов, не прекратилась и в настоящее время.

### 5.2.3. Современные тектонические движения соляных структур.

Формирование соляных структур началось с поздней перми. Они поднимались вследствие движения соли со средней скоростью 0,018 мм/год, а из межкупольных депрессий в это же время шёл отток соли. Этот процесс развивался и на последующих этапах геологической истории региона. В целом для Прикаспия на позднеплиоценово-четвертичном этапе скорость роста по расчётам составляет 0,02-0,2 мм/год; на позднечетвертичном-современном этапе рост характерен для более 80% соляных структур, выраженных положительными формами рельефа высотой 10-152 м [13, 24, 25].

Геодезические наблюдения проводились на соляных куполах, расположенных вдоль ж.д. Сызрань-Астрахань (Эльтон, Джаныбек и др.). Скорость роста за период с 1928 по 1958 г.г. составляла 0,9-1,3 мм/год [243], в США на куполе Хоскинс Маунт 12,5 мм/год [310].

По данным института Физики Земли, полученных методом GPS, с августа 1998г по апрель 1999г, выявлены вертикальные перемещения с амплитудами от +5,9 мм, в сводовой части Паромненской структуры (8,85 мм/год) до -3,4 мм на восточном склоне. Обнаружено также увеличение длин линий, достигающие максимальных значений (33,5 мм) в перпендикулярном направлении между гребнем Паромненской структуры и Восточно-Паромненской мульды [156].

Исследования на Паромненском геодезическом полигоне подтвердили не стационарность движений во времени и позволили получить новые данные о скорости движений куполов. Данные, по изучению горизонтальных движений на Паромненском куполе, подтверждают представления о современном росте куполов и прогибания мульды, с периодическими инверсиями [156, 199].

### 5.3. Гидрогеологический очерк

Район относится к Прикаспийскому артезианскому бассейну к его северо-западной части. На характер гидрогеологических условий осадочных толщ оказывают влияние соляные купола и связанные с ними зоны трещиноватости и разрывов сплошности пород, а также речные долины р.р. Волги и Ахтубы.

В разрезе надсолевых отложений на участке присутствуют следующие водоносные комплексы и водоупорные толщи по гидродинамическим условиям, выделяемые в три зоны: активного, переходного и затрудненного водообмена.

*Водоносный комплекс плиоцен-четвертичных отложений* объединяет два водоносных горизонта: - в аллювиальных отложениях пойменных и первых надпойменных террас, а также в прослоях песков - в отложениях хвалыньских слоёв, апшеронском, акчагыльском ярусов и ергенинской свите плиоцена.

Водоносный горизонт в аллювиальных отложениях имеет широкое распространение. Его нижним водоупором, как правило, локального характера, являются глины четвертичной и неогеновой (в районе их развития) систем. Толщина горизонта около 20 м, воды безнапорные, с минерализацией 0,2 -1,8

г/л. Состав – гидрокарбонатный, натриевый и кальциевый. Воды используются для ограниченного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Водоносный горизонт отложений ергенинской свиты (до 20 м) приурочен к разнородным пескам. Нижним водоупором являются прослои глин в низах плиоцена и в верхах эоцена (мечеткинская свита). Воды безнапорные, удельные дебиты до 0,5 л/сек. Минерализация составляет 1,1 г/л, реже 5,3 г/л.

*Водоносный комплекс палеоцен-эоценовых отложений* включает отдельные водоносные горизонты, приуроченные к прослоям песков. Они слабо изучены, разделены местными и локальными водоупорами: глины сызранской и камышинской свит, толщины которых 40 м. Пьезометрический уровень водоносного комплекса в сызранских отложениях находится на глубине 14 м. Воды смешанных типов: хлоридные, хлоркальциевые с минерализацией до 10 г/л; в погруженных участках до 35 г/л. Глубины залегания подошвы от 300 до 350 м, на погружениях до 500 м. Удельные дебиты низкие - 0,014 л/с, водообильность - 0,01 л/с. Воды практического значения не имеют.

*Водоупорная толща верхнего мела*, распространена регионально, её формируют отложения коньякского, туронского, сантонского и кампанского ярусов. Толщина слабо проницаемых пород, изменяется на опущенном западном блоке 200-330 м, на восточном 165 - 395 м, в мульдах 475 м (скв. В-7).

Турон-коньякская часть разреза сложена мелоподобными мергелями и глинистыми известняками, а сантон-кампанская - аргиллитоподобными глинами, с прослоями мергелей, известняков и алевролитов. К трещиноватым известнякам и мелу приурочены водоносные горизонты спорадического распространения.

К зоне затруднённого водообмена, относятся два водоносных комплекса: альб-сеноманский и апт-барремский.

*Альб-сеноманский водоносный комплекс* залегает на глубинах 475-520 м, в погруженных частях >660 м. Водовмещающие породы: песчаники, пески кварц-глауконитовые и кварцевого состава, толщиной 105-110 м, из них проницаемые пески и песчаники толщиной до 40-50 м, пористость 15 - 32 %.

Пласты глин, достигают толщины 40 м.

Водоносный комплекс обладает высокой водообильностью: дебиты 11-16 л/с, при понижениях 20-90 м. Минерализация вод увеличивается с глубиной: по скв. Р-5 (абс. отм. кровли 449 м) - 25,8 г/л, по скв. Р-1 (абс. отм. кровли 677 м) - 49,3 г/л, на глубинах 850-1000 м - 100,2 г/л.

Пьезометрические уровни находятся на глубинах от 0,9 до 11,5 м. Скважины характеризуются хорошей приёмистостью: при давлении на устье 12-20 кг/см<sup>2</sup>, приёмистость - 80-150 м<sup>3</sup>/сут.атм., водопроницаемость - 60-130 м<sup>2</sup>/сут, коэффициент пьезопроводности  $5 \times 10^5 - 10^6$  м<sup>2</sup>/сут. Водоносный комплекс используется как контрольный при закачке промстоков.

*Водоносный комплекс апт-барремских отложений* распространён регионально и приурочен к глауконито-кварцевым песчаникам, переслаивающимся с глинами и глинистыми алевролитами толщиной 101 -126 м. Толщина песчаников изменяется от 7 до 35 м, пористость  $\approx 15\%$ . Глубина залегания кровли в районе ППЗП составляет 622-652 м.

Воды напорные, статические уровни определены на абсолютных отметках +21,0 м до +25,7 м. Дебиты 11-15 л/с. Минерализация хлоридно-кальциевых вод 10-15 г/л, в более погруженных частях Восточно-Паромненской мульды 17-93 г/л.

Верхним водоупором является 50-70 м толща глин и глинистых алевролитов баррем-аптского возраста. Доказательством его надёжности служит резкое различие в минерализации вод горизонта (15 г/л) и вышележащего водоносного комплекса (30 г/л).

*Водоупорные отложения верхней части средней юры и верхнего отдела юрских отложений* сложены глинами верхней части байосского, всего батского и келловейского ярусов. Глины алевритистые, каолинит-гидрослюдистые, плотные, с прослоями песчаников и алевролитов, регионально выдержаны, толщиной 75-88 м, к юго-востоку > 160 м.

*Водоносный горизонт в объёме верхней песчано-алевритовой пачки байосского яруса (II горизонт).* Песчаники полевошпатово-кварцевые,

слабосцементированные, мелкозернистые, пористостью 16%, глинистость 13%.

Горизонт водообильный: дебиты 10-16 л/с, при понижениях 20-80 м. Минерализация 54-154 г/л. Воды хлоридно-натриевые, содержание (мг/л) Br - 150-170, В - до 10, J - 2,0-2,5.

Приёмистость песчаников составляет 86-130 м<sup>3</sup>/сут.атм., водопроницаемость - 64-196 м<sup>2</sup>/сут. Статические уровни вод - от 19 м (сводовая часть поднятия), до 30 м (на погружении).

*Водоупорная толща байосского яруса* (между I и II горизонтами) представлена глинами неравномерно алевритистыми и песчанистыми, слюдистыми, регионально выдержанными. Толщина глин в районе ППЗП составляет 112-115 м, с уменьшением к западу до 50-64 м. К северо-востоку от ППЗП толщина водоупора увеличивается до 155 м (скв.8-П).

*Водоносный горизонт в отложениях нижней песчаной пачки байосского яруса (I горизонт).* Песчаники распространены повсеместно. Толщина изменяется в пределах 19 - 35 м, в районе ППЗП 25-35 м. Проницаемые песчаники составляют 20-70 % общей части разреза. Пористость от 10-18% до 29-36,5%. Воды хлоридно-натриевые. Статический уровень на своде (скв.2-Н) + 7 м, в опущенном западном крыле (скв.13-П) - 27 м. Минерализация 75 -156 г/л.

Оба песчаных пласта имеют удовлетворительные коллекторские свойства и содержат воды, характеризующие застойный режим водообмена. Базальный песчаный пласт-коллектор средней юры выбран основным рабочим горизонтом для закачки СВ ОАО «Волжский Оргсинтез» (индекс J<sub>2</sub>-1 или **1-горизонт**).

*Глинистая водоупорная толща нижнего триаса и верхней перми* является основанием нижнего I водоносного горизонта - надёжный изолятор.

#### 5.4. Методика работ.

Как показали исследования при региональном районировании Поволжского района с точки зрения оценки пригодности территории для закачки жидких отходов, неотектонический фактор играет одну из

определяющих ролей [221]. При выборе конкретных участков, на которых планируется строительство ППЗП, он также должен учитываться [105].

В рассматриваемом примере ситуация неоднозначная: полигон построен и работает, но вопрос о его безопасной эксплуатации до сих пор остаётся открытым. При оценке территории, с позиций безопасности подземного захоронения токсичных промстоков, она должна быть направлена на изучение новейшего структурного плана, определяющего глубину залегания и изолированность используемых пластов-коллекторов. Благоприятными, с позиций надежности изоляции отходов, являются отрицательные структурные формы типа впадин, межкупольные понижения, муьды и т.д. Однако, существенным ограничением при этом может оказаться лимит глубин залегания коллекторов.

Поэтому участки для захоронения в областях с проявлением соляно купольной тектоники необходимо планировать в пределах пологих бортов отрицательных и положительных структур вблизи их центриклинальных и периклиналильных замыканий.

Как в первом, так и во втором случаях предпочтение следует отдавать структурам, отличающимся средней либо низкой активностью проявления неотектонических движений. При этом необходимо различать структуры с унаследованным и инверсионным развитием в новейшее время. Новейшим структурам, испытывающим нисходящие движения и развивающимся инверсионно, следует отдавать предпочтение, т.к. при закачке в отрицательную структуру «запечатывание» линзы промстоков, будет наиболее надежным.

Необходимо определить интенсивность новейших тектонических движений, отражающихся в амплитудах складок и в присутствии нарушений.

Поскольку основными путями вертикальной миграции растворов являются стратиграфо-литологические окна, разломы и зоны трещиноватости, то их фиксации необходимо уделять самое пристальное внимание при оценке территорий, выбираемых для строительства ППЗП. [2, 3].

Важным моментом при изучении зон трещиноватости является их



влияние на условия закачки промстоков: 1) продолжительность существования трещин в открытом состоянии, зависящей от минерализации и скорости движения подземных вод, а также физико-механических свойств пород; 2) степень проницаемости трещин - от их густоты, ширины и протяжённости, предопределённых градиентами и амплитудами новейших движений; 3) в расположения зон растяжения и сжатия в вертикальном и латеральном направлениях.

Известно, что многие разломы непроницаемые для флюидов [54] и являются своеобразными экранами, способствующим образованию нефтегазовых залежей. Такие «залеченные» разрывные нарушения формируются, в основном, благодаря циркуляции по ним высокоминерализованных вод и выпадению минералов, колюматирующих трещины. Главное внимание следует уделять проницаемым разломам и особенно зонам трещиноватости.

Принято считать, что во впадинах и прогибах стенки трещин и разрывов сближены, а в пределах поднятий раскрыты. Раскрытость трещин проявляется на глубинах 500-750 м [116], и даже до 1300-1400 м [289].

Рассматривая релаксацию тектонических напряжений при изгибе слоёв в системе антиклиналь-синклиналь, можно заметить тенденцию к образованию раскрытых трещин в местах максимальных перегибов слоёв (свод антиклинали и днище впадины). Однако степени раскрытости и сжатия трещин имеют в этой системе разную направленность, зависящая от радиуса кривизны изгибов и конуса сжатия, у которого в антиклинальном варианте вершина располагается ниже свода. Это приводит к сжатию трещин на глубине и раскрытию к поверхности, а в синклинальном варианте - выше изогнутого пласта. Поэтому синклинальная складка более благоприятна с точки зрения захоронения .

Не менее важным обстоятельством является установление истории развития разрывных нарушений и складчатых форм, запечатлённой в геологическом разрезе (литологии, изменении толщин слоёв, перерывах осадконакопления, амплитудах движений и т.д.), а также проявлении их в

современном рельефе. Именно в последнем случае на помощь исследователю приходят разнообразные приёмы неотектоно-геоморфологического анализа рельефа, в том числе изучения мегатрещиноватости.

Анализ спрямлённых фрагментов гидрографической сети линеаментов разного порядка и карты порядков долин, построенной по общепринятой методике, даёт информацию о распределении мегатрещин в пространстве, их абсолютной и относительной густоте. Эти данные позволяют выделять зоны повышенной трещиноватости, отдельные блоковые поля и ограничивающие разломы (флексурно-разрывные зоны), а также зоны сжатия и растяжения. Пример построения комплекса таких карт приведён в главе 6.

#### 5.5. Морфометрический и структурно-неотектонический анализ территории ППЗП.

С целью выявления характера и интенсивности новейших тектонических движений были построены поперечные профили через Паромненскую антиклиналь с выделением выдержанных по толщине морских горизонтов, отражающих определенные этапы развития территории. К таковым относятся:  $T_1+P_2$ ;  $J_3ox$ ;  $K_1h+v$ ;  $K_1st+c$ ;  $P_2$ . На них были составлены структурные карты. Проведено исследование рельефа, для чего составлены карты порядков долин, базисной поверхности 3<sup>го</sup> порядка, схемы мегатрещиноватости и дешифрирования аэрофотоплана масштаба 1:50 000. Особенностью морфометрических исследований является то, что, они выполнены на топографических картах, с рельефом до строительства г. Волжского. Это позволило выявить особенности строения гидрографической сети и рельефа в целом скрытых в результате техногенного преобразования территории.

В геоморфологическом отношении район приурочен к хвалынской аккумулятивной равнине с абсолютными отметками 17 - 29 м, слабой вертикальной и горизонтальной расчлененностью. Его характерной особенностью является наличие крупных холмов остаточного рельефа и

лиманоподобных понижений, при этом первые приурочены к северо-западному и юго-восточному крыльям ПА, а вторые к сводовой части этой структуры. В районе ПА проявлен центробежный рисунок гидрографической сети, фиксируемой долинами 1<sup>го</sup> и 2<sup>го</sup> порядков. Сложнее выражена в рельефе северная периклиналь, в пределах которой располагается небольшая западина и субширотная долина и южная с обозначенной системой долин субширотной и юго-западной ориентировкой. Таким образом, ПА выражена в рельефе характерным центробежным рисунком гидросети, распределением холмов остаточного рельефа и лиманоподобными понижениями, развитыми в сводовой части структуры (см. рис.5.5.-1).

Эти данные свидетельствуют о выраженности ПА в современном рельефе и о проявлении современных (голоценовых) тектонических движений.

Этот вывод не совпадает с выводом ряда авторов, которые считают, что «на данной территории неотектонические движения не отмечены» [90]. На это можно было бы не обратить внимания, если бы недооценка роли новейших движений в формировании основных черт тектонического развития района, не приводила бы к ошибкам при трактовке истории развития структуры и обнаружения дизъюнктивных нарушений.

Анализу современных движений земной коры в соляно купольных областях и скорости роста соляных куполов посвящено ряд работ. Установлено, что развитие соляных структур в новейшее время находит отражение в современном рельефе. Так, например, в рельефе положительные соляные структуры проявлены в виде возвышенных участков, а отрицательные – в виде понижений. Примеры: на соляных куполах горами: Большое Богдо (152 м), Сасай (94 м), Улаган (67 м). Отрицательные соляные структуры Прикаспия - в виде соляных озёр, лиманом, западин-соров и т. д.<sup>26</sup>. По данным В.Н.Синякова и С.В.Кузнецовой [251] скорость роста Паромненского купола достигает 3-4 мм в год. В целом же амплитуда роста соляных поднятий в Прикаспии в

---

ВГЭ. Волгоград, 1993.

<sup>26</sup> Журавлёв В.С. Геоморфологические признаки вдавленных компенсационных мульд Прикаспийской впадины. - М.: МГУ. - 1968. - С. 77-86.

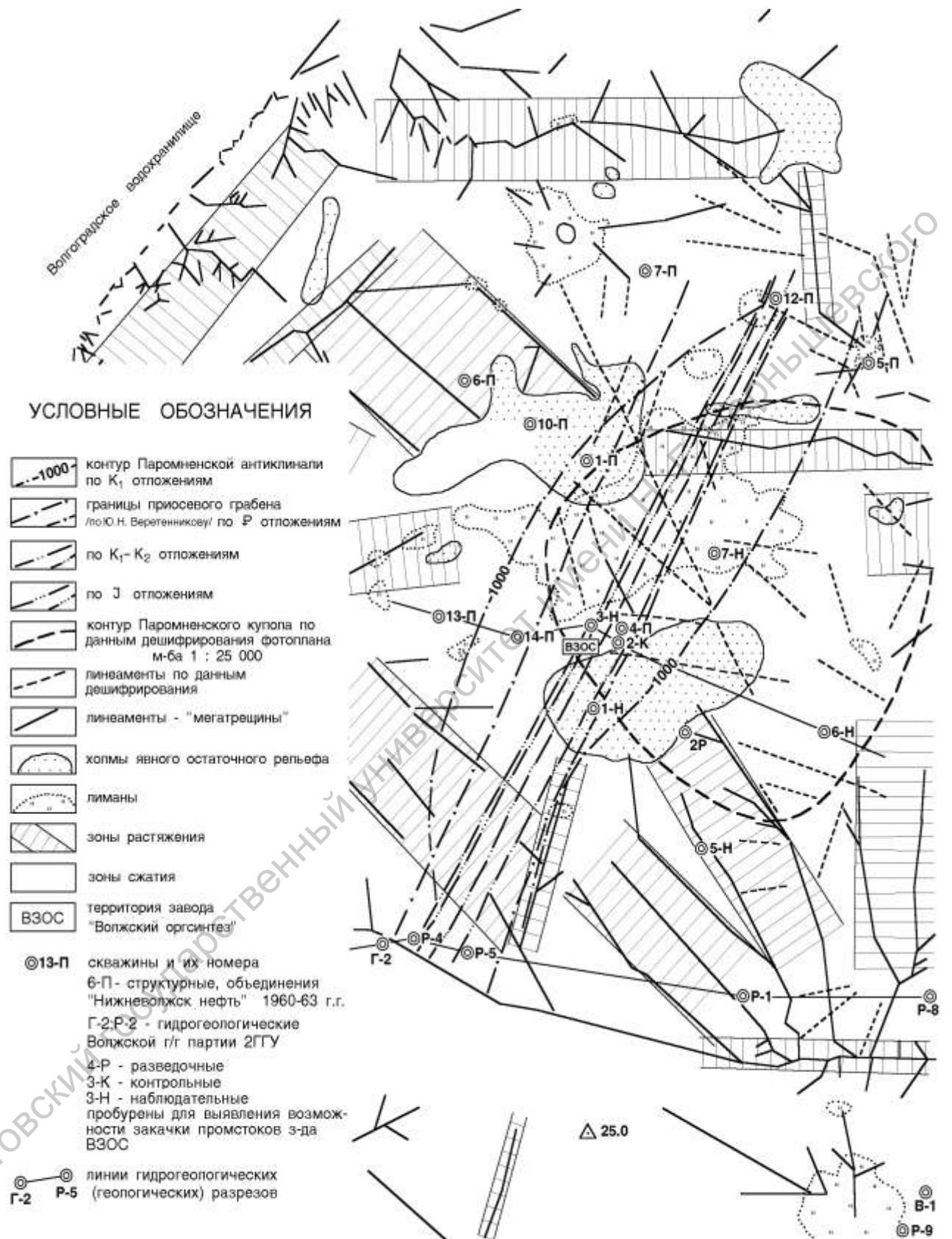


Рис. 5.5.-1. Геоморфолого-неотектоническая схема Средне-Ахтубинского района. Масштаб 1:10 000. Составили: О.Г.Токарский, Ю.В.Ваньшин, 1994 г.

позднеплиоценово-четвертичном этапе составляет 500м (!), а на позднечетвертичном - современном этапе рост характерен для > 80% соляных структур, с положительными-10-152 м формами рельефа<sup>27</sup>. Над этими куполами зафиксированы зоны повышенной трещиноватости, газовые и геохимические аномалии, что имеет место и над Паромненским куполом (рис.5.5.-5.)<sup>28</sup>.

Особую важность представляет анализ гидрографической сети, как источник информации о разрывной тектонике. С этой целью на топокарте выделяют спрямлённые участки гидросети, (линеаменты), которые по данным многочисленных исследований, выполненных в пределах различных геоструктурных регионов, как правило, в основном соответствуют разрывам и трещинам [268, 269]. Особенно опасны для ПЗП активные разломы, активность которых может оцениваться по косвенным геологическим данным. Примером такого анализа, могут быть исследования Г.И.Гарецкого, определившего активность разломов в районе Волго-Ахтубинской структуры вплоть до голоценового времени<sup>29</sup>.

Установлены следующие особенности трещинной тектоники района:

1. В пределах ПА линеаменты приурочены к крыльям и периклиналям.
2. Чётко прослеживаются линеаменты северо-западного и субширотного простирания, в то время как линеаменты северо-восточного простирания параллельные грабену, практически отсутствуют.

Помимо анализа топографических карт, проведено дешифрирование фотоплана масштаба 1: 50 000, на котором выявлена серия линеаментов, приуроченных к сводовой части антиклинали и её юго-восточному крылу. В

---

. - 1968. - С. 77-86.

<sup>27</sup> Аристархова Л.Б. Новейшая тектоника Прикаспийской впадины. Геология СССР. - М.: Недра, 1970. т. XXI. - С. 245-256.  
т. XXI. - С. 245-256.

<sup>28</sup> Ермаков В.А. и др. Отчёт: «Анализ геологического строения и гидрогеологических условий района с целью оценке перспективных участков для подземного захоронения промышленных стоков ОАО «Волжский Оргсинтез». /Фонды «Волгограднефтегеофизика. Волгоград: 1998.

ка. Волгоград: 1998.

<sup>29</sup> Гарецкий Г.И. Формирование долины р. Волги в раннем и среднем антропогене. –М.: Наука, 1966. – 410 с.

большинстве случаев линеаменты имеют юго-восточное простирание. Кроме них по фото тону дешифрируется локальная изометричная аномалия, пространственно на 50% совпадающая с центральной частью ПА, её восточным крылом и меж купольной Восточно-Паромненской зоной.

Подводя итог особенностям территории района ПА и её выраженности в современном рельефе, следует отметить, что в противоположность ранее высказанным представлениям, она имеет чёткое отражение в рельефе, проявленном в распределении абсолютных высот и прямое отображение в центробежном рисунке гидрографической сети. Не исключено, что обнаруженная аномалия - отражение Паромненского купола (рис.5.5.-1).

Итак, особенности района ПА и её выраженности в современном рельефе: в противоположность ранее высказанным представлениям, она имеет чёткое отражение в рельефе, проявленном в распределении абсолютных высот и прямое отображение в центробежном рисунке гидрографической сети.

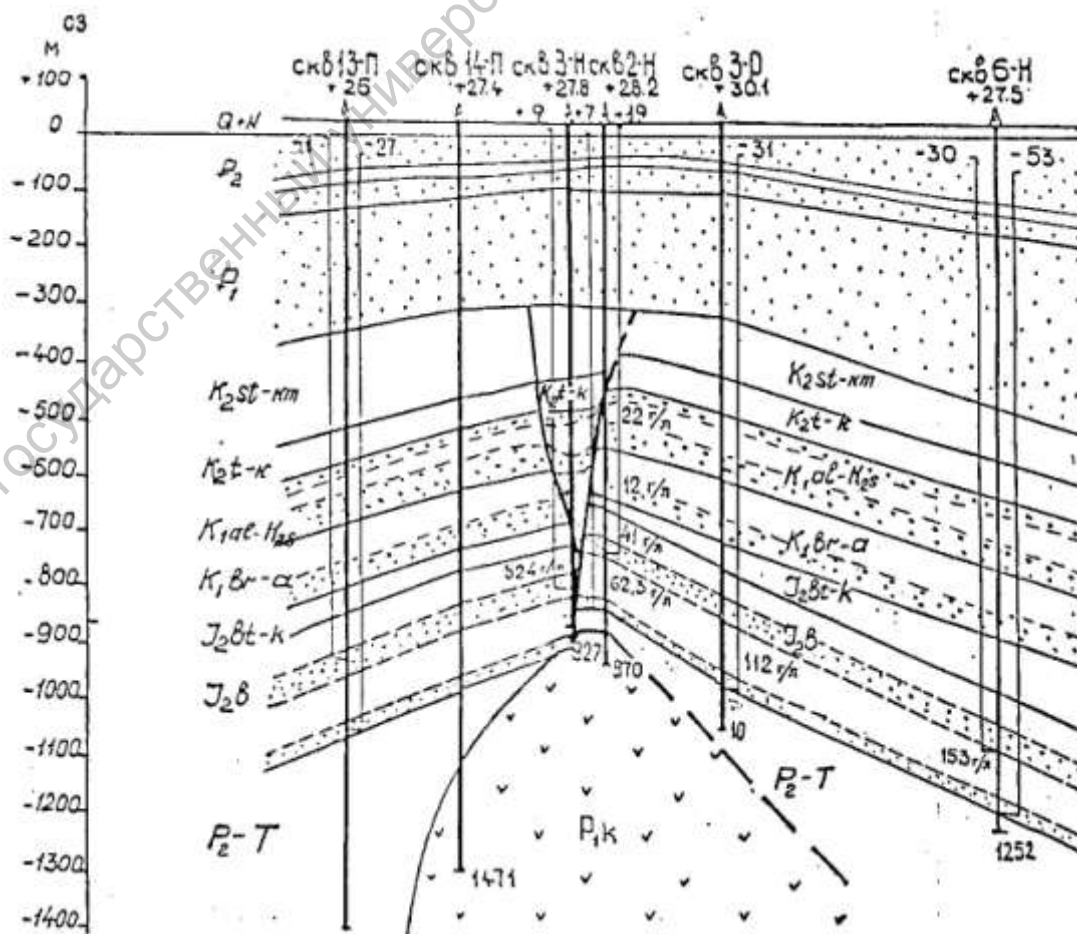


Рис.5. Геолого-гидрогеологический разрез (по [www.tecd.ru/VSOS.htm](http://www.tecd.ru/VSOS.htm))

В последнем, варианте, помещенный в *Internet* (см. рис. 5), все нарушения упираются в палеогеновый комплекс отложений, то есть возраст нарушения предпалеогеновый. На рис 5.5.-5. тектонические нарушения доходят только до отложений неогена (индекс **Р**). По кривым, отражающих геохимические аномалии в месте присутствия нарушений, наблюдается их максимум.

В этой связи, следует подчеркнуть важность работ, выполненных в 1997-1999 гг. сотрудниками завода «Волжский Оргсинтез» и результаты измерения вертикальных и горизонтальных деформаций земной коры (199). Они подтвердили современную тектоническую активность Паромненского соляного купола, что позволило разработать новую концепцию мониторинга и реализовать её на ППЗП. Подход имеет принципиальное значение именно с точки зрения оценки герметичности коллекторов для ППЗП, перспектив эксплуатации последнего и прогнозов формирования «залежи» промстоков.

С учётом характера неотектонического этапа района, предлагается следующая модель развития пликативной и дизъюнктивной тектоники ПА.

#### 5.5.1. Разрывная тектоника.

Рассматривая спрямлённые элементы гидросети (линеаменты), как отражение поля современных тектонических напряжений и предполагая возможную частичную унаследованность в их развитии, следует отметить особенность территории: сочетание зон растяжения - линеаменты проявлены, зон сжатия - отмечены лиманоподобные понижения и гидросеть отсутствует.

ГВР, выраженный в рельефе долиной р. Волги, на левом берегу фиксируется прямолинейным крутым берегом реки, изрезанным многочисленными прямолинейными долинами от 1<sup>го</sup> до 3<sup>го</sup> порядков. Они отражают мегатрещиноватость, связанную с формированием оперяющих его

мегатрещинами параллельных, ортогональных и диагональных направлений. По их густоте выделяется вдоль левого берега локальная узкая зона растяжения северо-восточного простирания (ширина 1-1,5 км.). К востоку от ГВР прослеживаются четыре субширотные зоны растяжения, диагонально к нему расположенные, фиксируемые субширотными линеаменами, выраженными прямолинейными участками долин и холмов остаточного рельефа. К востоку от ПА к скв. 5-П и 6-Н установлена субмеридиональная зона растяжения. В направлении скв. 6-П, 10-П, 5-Н, Р-1 прослеживается зона растяжения северо-западного простирания, развитая ортогонально к ГВР: выражена в рельефе спрямленными (2-3 км) участками параллельно расположенных долин 1<sup>го</sup> порядка (см. рис. 5.5.-1). В присводовой части ПА гидросеть не проявлена, а в рельефе - крупное лиманоподобное понижение.

С целью выявления трещинной тектоники в сводовой части антиклинали, проведено дешифрирование аэрофотоплана (м-б 1: 50 000). Была получена информация о преимущественно коротких спрямлённых аномалий в рельефе, выраженных в изменении фото тона, позволяющая предполагать наличие сети трещин в сводовой части структуры. На геологических разрезах (см. рис. 5.5.-4 и рис.5.5.-3.), показаны нарушения в N-Q отложениях. Видимо, эти трещины, устанавливаемые благодаря «эффекту просвечивания», развиты в глубоких горизонтах и поэтому на поверхности в рельефе не отражаются.

Для установления природы лиманоподобного понижения в сводовой части ПА попытаемся трассировать зоны растяжения, развитых на противоположных крыльях складки. В результате было установлено, что субширотные, северо-западные и менее проявленные северо-восточные зоны растяжения образуют своеобразный узел, находящийся несколько севернее группы скважин 3-Н, 4-П, 2-К и т.д., а именно, в центре лиманоподобного понижения, расположенного в своде структуры между двумя крупными холмами остаточного рельефа. Эти холмы приурочены к крыльям и своей плановой конфигурацией подчёркивают положение трасс зон растяжения.

Модель взаимосвязи трещинной тектоники и гидросети в этом



конкретном случае представляется в следующем аспекте:

1. При антиклинальном изгибе пластов (положительные движения) в своде сформировались раскрытые трещины.

2. В результате пересечения в сводовой части нескольких зон растяжения различного направления, образовался узел разрядки тектонических напряжений, проявленный интенсивной трещиноватостью, способствующей инфильтрации поверхностных вод. Видимо, этим объясняется опреснение меловых и юрских водоносных горизонтов, отмечаемое в пределах ПА.

3. Инфильтрационные процессы с течением времени способствовали кольматации трещин, а просадочные свойства пород верхней части разреза привели к формированию западины в рельефе. Таким образом, лиманоподобное понижение имеет просадочный характер, не исключаяющее на глубине зоны растяжения характерной для сводовой части структуры.

4. Принимая во внимание данные о наличии открытых трещинах на глубинах свыше 1000 м, предлагаемая модель взаимосвязи трещин, рельефа и минерализации подземных вод в своде ПА, представляется вероятной.

Подводя итог изучению мегатрещиноватости ПА с точки зрения оценки размещения ППЗП, следует отметить, что установленная ячеистая структура поля напряжений, проявленная в современном рельефе в виде зон растяжения, сжатия и в сложной геологической обстановке, в совокупности определяют затрудненные условия латеральной и вертикальной миграции растворов. Тот факт, что ПА со всех сторон окружена зонами тектонической трещиноватости, расположенными параллельно р.р. Волге и Ахтубе, даёт основание предполагать, что в случае их проницаемости (или непроницаемости), они послужат либо экраном, либо трещинным резервуаром, перехватывающим мигрирующие промстоки. Таким образом, снимается вопрос об опасениях ряда авторов<sup>30</sup> о возможности попадания последних в

---

Наука, 1966. – 410 с.

<sup>30</sup> Иванкин В. П., Худяков Г. И., Мизинов Н.В., Шилкин А.Н. К проблеме захоронения промстоков в Нижнем Поволжье / Отв. ред. Ю.В.Ваньшин. - «Проблемы подземного захоронения промстоков» - Саратов: ГосУНЦ Колледж, 2000. - С. 18-23

С. 23-24202

бассейн р.р. Волги и Ахтубы. В инженерном отношении эти зоны будут работать по принципу либо «завесы», либо «отсечного дренажа». Опасность попадания промстоков в акваторию р. Волги, хотя проектом эксплуатации

Рис 5.5.-2а и 2б

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Рис. 5.5.-3.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Рис. 5.5.-4.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Рис. 5.5.-5.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

полигона большой радиус растекания не предусмотрен, снижается тем, что ПА отделена от Волги Западно-Паромненским прогибом.

Нами предпринята попытка изучения геолого-геометрических параметров ПА с точки зрения выявления роли новейших тектонических движений в её формировании.

#### 5.5.2. Пликативная тектоника.

В основу анализа геолого-геометрических характеристик ПА положены следующие представления:

1. Определяющим фактором в формировании ПА являются движения положительного знака, связанные с соляной тектоникой.

2. Поскольку зафиксированные в скважинах разрывные нарушения имеют амплитуду, не превышающую 25 м, что по сравнению с амплитудой складки по разным горизонтам от 150 до 450 м, составляют незначительную величину, представляется возможным построения структурных карт выполнить без учета этих нарушений.

3. Признается наличие трещинной тектоники с малой амплитудой смещения.

4. В основу структурных карт ПА положены стратиграфические разбивки.

5. С целью выявления геолого-геометрических характеристик исследовались положения в разрезе подошвы и кровли горизонтов, сформировавшихся в морских условиях, обладающих постоянством фациального состава и незначительными вариациями толщин. Это оксфордские, готерив-барремские, сантон-кампанские и эоценовые отложения. Кроме того, исследовалось гипсометрическое положение кровли кунгурских, пермотриасовых отложений и абсолютные отметки современного рельефа.

Главная цель - установление структурообразующей роли новейших (N-

Q) тектонических движений в формировании ПА и выявление основных этапов её геологического развития в Mz-Kz время. В результате анализа геолого-геометрических параметров кровли и подошвы вышеуказанных горизонтов, выполненных по нескольким поперечным профилям и структурным картам, установлено:

1. Вершинная поверхность современного рельефа в присводовой части складки изогнута с амплитудой 6-8 м. относительно поверхности рельефа. Суммарная амплитуда деформации эоценовых отложений за олигоцен-голоценовое время 75, 125 и 150 м.- по I, II и III профилям соответственно. Она же по кровле сантон-кампанских отложений за маастрихт-голоценовое время 175, 190, 240 м. и по кровле готерив-барремских отложений за апт-голоценовое время 240, 280, 356 м. Амплитуды деформаций по кровле оксфордских отложений за волжско-голоценовое время 280, 280, 450 м, поверхности Р-Т отложений за поздне триасово-голоценовое время 50, 265, 450 м., поверхности кунгурских отложений >2100, 1300, 2000м.

2. Анализ амплитуд пликативных деформаций доказывает, что деформации поверхности рельефа (6-8 м) и кровли эоценовых отложений (75-150 м) связаны с неотектоническими движениями олигоцен-голоценового времени. Деформаций, запечатленные в изгибе слоев морских сантон-кампанских отложений (175-240 м), представляют результат суммарного эффекта новейших движений и после сантон-кампанских движений, приходящихся на предпалеогеновое, а точнее на маастрихт-датское время.

Третья группа, близких по амплитудам, характерна для готерив-барремских (240-356 м), оксфордских (280-450 м) и пермо-триасовых (280-460 м) деформаций. Они представляют собой суммарный эффект двух предыдущих этапов деформаций и, скорее всего, по времени относятся к апт-туронскому времени. И, наконец, существенные отличия - резко увеличенные амплитуды зафиксированы по кровле кунгурских отложений, достигающих 1300 - 2000 м. Данный факт позволяет предполагать диапировый (штоковый) характер

происхождения этого соляного тела и его структурообразующую роль в формировании ПА в Mz-Kz время.

3. С целью выявления структурообразующей роли неотектонических, датских, предаптских и предъюрских движений путем последовательного вычитания амплитуд более молодых движений из амплитуд более древних, устанавливается амплитуда складки, после формирования того или иного горизонта морских отложений сформировавшихся в условиях спокойного тектонического режима.

Основные выводы, вытекающие из анализа геометрии абсолютного и относительного положения кровли эоценовых, сантон-кампанских, готерив-барремских, оксфордских, Р-Т и кунгурских отложений, состоят в следующем:

а) максимальные относительные амплитуды зафиксированы в изгибе кровли эоценовых (75 м) и кунгурских (940-1805 м) отложений, что свидетельствует о двух основных структурообразующих этапах новейшем (олигоцен-голоценовом) и пермо-триасовом.

б) относительные амплитуды складки к началу отложения морских J<sub>2</sub> отложений от -15 до +20 м, т.е. о сравнительно ровной поверхности Р-Т отложений, что свидетельствует о том, что к моменту завершения формирования Р-Т толщи и в рельефе денудационной равнины Т<sub>3</sub>-J<sub>1</sub> времени ПА практически не находила отражения.

в) на этот период времени (Т<sub>3</sub>-J<sub>1</sub>) приходится преобразование соляной гряды, синхронно формировавшейся в Р<sub>2</sub>-Т<sub>1</sub>, в штокообразное тело, прорвавшего толщу Р-Т отложений, но не дошедшего до кровли последних. Амплитуда штока к этому времени достигла 940-1800 м.

г) на протяжении J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub> времени суммарная величина поднятия складки 160-200 м. Складка формировалась в пределах морского бассейна, в условиях конседиментационного режима и подводного размыва, за исключением датского времени, когда на территории установился континентальный режим.

д) незначительные градиенты скоростей поднятия складки в J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub> время позволяют усомниться в возможности формирования сколько-нибудь



серьезных разрывных нарушений и тем более формирования грабеноподобных образований, которые были представлены на разрезах и в характеристике истории геологического развития ПА [90].

е) наиболее интенсивно развивается ПА в олигоцен-четвертичное время. Именно в этот период времени определилась современная структура, завершается формирование основных зон трещиноватости.

Анализ распределения толщин Mz-Kz отложений в пределах ПА и прилегающей с востока мульды показывают, что в отдельные периоды своего тектонического формирования эта структура развивалась конседиментационно. Об этом свидетельствует уменьшение толщин в своде до 876-884 м, что на 195-203 м меньше, чем на западном крыле, где толщина Mz-Kz отложений достигает 884-1079 м. Вместе с тем, на одном из профилей минимальная толщина Mz-Kz отложений приурочена к восточному крылу складки (850 м), что не позволяет говорить об устойчивости её конседиментационного развития.

Действительно, рассматривая вариации распределения, минимальные толщины во времени и пространстве нетрудно заметить, что за байос-оксфордское время минимальная толщина пород соответствует западному крылу складки, в волжско-готерив-барремское время - сводовой части, в апт-сантон-кампанское - восточному крылу, в палеоцен-эоценовое - сводовой части.

Таким образом, исходя из предположения о конседиментационном развитии структуры, следует, что в таком режиме она формировалась сравнительно непродолжительное время, а именно, в J<sub>3</sub>v-K<sub>1</sub>h-br и в P<sub>1+2</sub>. При этом разница значений толщин в своде и на крыльях составляет в первом случае 51 м, а во втором 100 м.

Анализ распределения толщи Mz-Kz отложений в пределах ПА и Восточно-Паромненской мульды, показывает, что складка развивалась дифференцированно. Сводовая часть устойчиво конседиментационно - на границе юры и мела в J<sub>3</sub>v-K<sub>1</sub>h+br и в палеоцен-эоценовое времена. За эти времена общий денудационный срез составил не < 150 м, а за все остальные временные интервалы не > 50 м. Логично предположить, что суммарная

амплитуда новейших тектонических движений, запечатлённых в изгибе кровли эоценовых отложений, должна складываться из амплитуды складки по этим отложениям плюс денудационный срез, т.е.  $125+100=225$ ,  $175+100=275$  м соответственно.

#### 5.6. Анализ расчётных гидродинамических параметров рабочих пластов – коллекторов ППЗП ОАО «Волжский Оргсинтез».

Нами проведена техническая экспертиза правильности определения расчётных гидродинамических параметров, полученных в процессе изучения геологического строения и гидрогеологических условий участка, отведённого под строительство ППЗП.

При рассмотрении вопросов формирования глубоких подземных вод (ПВ) большое значение имеют расчёты водообмена и скорости фильтрации. Однако использование в этих целях существующих расчётных методов, основанных на законе Дарси, включая метод моделирования, для глубоких зон не всегда правомочен. Даже сам факт наличия движения ПВ не всегда может быть однозначно установлен гидродинамическими методами. Вообще на формирование поля пластовых давлений в глубоких горизонтах часто большое влияние оказывают не гидродинамические, а геодинамические факторы, в частности новейшая тектоника. Отсюда следуют, что для приведения в движение ПВ глубоких горизонтов нужно приложить определенную силу, обусловленную наличием начального градиента фильтрации. Вероятно, выше начального существует некоторый диапазон градиентов, где движение ПВ хотя и происходит, но не подчиняется закону Дарси. Поэтому на современном этапе гидродинамические расчеты скоростей фильтрации в глубоких горизонтах в ненарушенных условиях практически невозможны. В связи с этим никакие методы расчетов фильтрационных сил не имеют преимуществ перед методом приведённых напоров.

Возможно, главными путями гравитационного движения ПВ в глубоких частях артезианского бассейна служат ослабленные зоны повышенной

проницаемости (разломы и др.), которые, могут являться путями вертикальной миграции растворов. Количество перетекающих по ним вод, исходя из высказанных положений, должно быть достаточно мало, а устойчивость и локализация связанных с ними гидрохимических аномалий вполне объясняются отсутствием или чрезвычайной замедленностью латеральной фильтрации. Несмотря на это, для качественного анализа гидрогеологических условий того или иного региона рекомендуется строить карты приведённых напоров и интерпретировать их совместно с картами сопоставления напоров, гидрохимическими и гидродинамическими.

Для построения карт приведённых напоров следует применять методы последовательного приведения с использованием фактического закона изменения плотности воды между двумя близлежащими скважинами. В разных структурных элементах эти законы, могут быть разными и их объединение в один, может привести к ошибкам в анализе общих гидрогеологических условий.

Совместный анализ упомянутых карт позволяет выделить области питания и разгрузки, участки гидравлической связи водоносных горизонтов, выяснить причины искажения пьезометрической поверхности и т.д.

#### 5.6.1. Анализ материалов.

1. Рассматриваемым документом является отчёт НПО НИОПИК, [90], в котором обобщены результаты геологоразведочных работ и обоснована безопасность закачки промстоков. На ППЗП проведены гидродинамические исследования (определение фильтрационно-емкостных параметров скважин и пластов путём проведения опытных работ), отражена высокая степень разведанности поглощающих и буферных горизонтов, дана характеристика их фильтрационно-емкостных свойств и выявлены благоприятные условия закачки. Авторами также сделан вывод о герметичности «Западного» разлома, в одном километре к востоку, от которого расположен ППЗП, и о возможности

его использования для захоронения сточных вод. других предприятий. При производительности закачки до  $5000 \text{ м}^3/\text{сут}$  в течение 25 лет, фронт закачиваемых стоков не достигает 400 м разлома.

1. Объём проведенных работ вполне достаточен для выполнения поставленной задачи, однако, к методике и обработке данных гидродинамических исследований имеется ряд замечаний.

2. Отсутствуют сведения об отборе керн из интервалов перспективных коллекторов для определения состава и свойств.

3. Все значения пьезопроводимости завышены в 1,5-2 раза, т.к. при расчётах принималось значение коэффициента сжимаемости воды  $2 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{кгс}$ , в то время, как по эмпирической формуле Мамуны, учитывающей величину минерализации и плотность вскрытых пластовых вод, значение коэффициента сжимаемости варьирует в пределах  $3,18-4,12 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{кгс}$ ;

4. КВД для большинства скважин в зоне «Западного» разлома действительно фиксируют наличие зоны с худшей проницаемостью или непроницаемой границы (отношение угловых коэффициентов расчётных участков близко к 2). Однако в скважине 2-Н (верхний рабочий горизонт) и 1-Н (нижний), отношение угловых коэффициентов составляет 0,38 и 0,37 соответственно, т.е. фиксируется наличие зоны с лучшей проницаемостью;

5. Откачки в зоне «Западного» разлома из скважин 3-Н и 2-Н при исследовании верхнего и нижнего рабочих горизонтов были достаточно продолжительными и установили отсутствие их взаимосвязи. Однако, учитывая, что главными путями движения подземных вод в глубоких частях артезианских бассейнов служат ослабленные зоны повышенной проницаемости (трещины и т.д.), которые, в основном, являются и путями вертикальной миграции, то вполне вероятно, что именно поэтому скв. 3-Н и 2-Н не реагировали на возбуждение друг друга;

6. При проведении опытных работ авторам следовало снять профиль притока при откачках и профиль приёмистости рабочих скважин при опытных закачках, чтобы убедиться, что вся вскрытая эффективная мощность пласта

будет работать, т.к. это важно при оценке контура распространения отходов в поглощающем горизонте.

В целом, не смотря на замечания, с принятыми расчётными параметрами (гидропроводность-4560 д.см/см<sup>3</sup>, пьезопроводность-9300 см<sup>2</sup>/сек) можно согласиться. Бесспорным является то, что разведанные коллекторы достаточно выдержаны по площади и толщине. Скважины имеют довольно высокий коэффициент продуктивности и приёмистости. Они снизу и сверху достаточно надёжно изолированы глинистыми породами. Выполненная оценка герметичности водоупора в кровле нижнего рабочего горизонта байоса обосновывается результатами опытных закачек.

Коллектора регионально распространены, что установлено скважинами, но в районе полигона они пересечены сбросами. Приводимый фактический материал, обосновывающий герметичность «Западного» разлома в свете всего вышеизложенного, **не может трактоваться однозначно.**

Расчёт продвижений контура распространения жидких отходов, представляется как излишне оптимистичным, т.к. принятые расчётные значения толщины (41 м) и пористости (25,54%) **явно завышены.** Среднее значение толщины нижней песчаной пачки байоса составляет 29 м, а коэффициент фильтрации изменяется 2,66-3,87 м/сут, что соответствует мелкозернистым пескам для которых, по справочным данным, характерны значения динамической пористости 0,1-0,15. Принимая схему «поршневого вытеснения» получаем, что объём закачки отходов, следует ограничить до 2200 м/сут. Поскольку при проведении закачки необходимо проводить наблюдения за фронтом распространения отходов в поглощающем горизонте, необходимо пробурить еще две наблюдательные скважины, расположив их, примерно, на середине по лучам 2Р-1Н и 1Р-2Н.

В Реферате экспертно-инженерного центра «ЭПОС» [см. стр. 180], приводятся гидрогеологические данные, и разъясняется необходимость учёта изменений плотности вод и погрешностей в определении напора при анализе существующей гидродинамической обстановки. По результатам моделирования

при закачке в две скважины  $6000 \text{ м}^3/\text{сут}$  модельных стоков с минерализацией  $10 \text{ г/л}$  в течение 180 суток давление на устье нагнетательных скважин возрастут до  $65 \text{ атм.}$ , а площадь загрязнения составит  $11,2 \text{ км}^2$  в виде эллипса размером  $2800 \times 4000 \text{ м}$ , т.е. фронт СВ может достигнуть зоны нарушения. При этом, по мнению авторов, закачиваемые СВ не поступят в вышележащий водоносный горизонт, т.к. по данным моделирования время водообмена в разделяющем слое в районе тектонических нарушений - 1200-2500 лет. Отсюда следует, что тектонические нарушения не создают опасность выхода СВ в водоносные горизонты зоны активного водообмена и поэтому опытная закачка СВ в течение длительного времени является экологически безопасной.

Принятую модель, по нашему мнению, следует откорректировать, т.к., толщина и коэффициент активной пористости песчаной пачки нижнего байоса завышены. Весьма вероятна и иная трактовка морфологии (ориентировка, протяженность, степень проницаемости и т.д.) «Западного» разлома.

#### 5.7. Выводы.

1. В геологическом отношении размещение полигона в сводовой части ПА следует признать **неудачным**. Такая оценка основана на фактах, связанных с более высокой тектонической раздробленностью сводовых частей антиклиналей, что способствует вертикальной миграции растворов.

2. Изучение неотектонических движений дало возможность установить определяющую роль **олигоцен-четвертичного** этапа в формировании пликативных и дизъюнктивных нарушений ПА.

Важным является установление роли разрывных нарушений и трёх зон повышенной тектонической трещиноватости в зависимости от их преобладающих направлений и возраста формирования. Северо-восточное направление, параллельное ГВР является наиболее древним и относится к началу новейшего этапа. Северо-западное и субширотное соответствуют глубокой перестройке гидрографической сети в пределах Волгоградского

тектонического узла и связаны с формированием в конце плейстоцена - начале голоцена Волго-Ахтубинского «каньона».

3. Перестройка гидросети, выраженная в линеаментах, отражает перераспределение напряжений и позволит установить современное размещение зон сжатия и растяжения территории. Поэтому, важно: «Западный» разлом, фиксируемый по разрезам скважин, не выражен в гидросети. Это позволяет считать его - зоной сжатия, приуроченной к своду антиклинали.

Оценивая роль разлома: в пределах, южной периклинали (скв.Р-4 и Р-5) - его амплитуда 250 м, он выражен зоной растяжения. При продвижении на север - затухает (амплитуда 25 м) и является непроницаемым экраном для нижнего рабочего пласта-коллектора. Установленная ранее (Вер<sup>94ф</sup>) проницаемость разлома по верхнему пласту-коллектору, не может быть объяснена тем, что через него трассируются зоны повышенной трещиноватости северо-западного и субширотного простираний, развитых на крыльях антиклинали (см. рис.5.5.-3.).

4. Расчёт полезной ёмкости пласта и возможного распространения стоков выполнен на основе **завышенных значений** его толщины и пористости. Закачку СВ необходимо ограничить до 2200 м<sup>3</sup>/сут, что позволит исключить возможность гидроразрыва пласта. Следует предусмотреть эксплуатацию и верхнего рабочего пласта байоса. Толщина его больше, чем у нижнего (40 м), а также толщина и коэффициент пористости верхнего рабочего пласта байоса увеличиваются в восточном направлении.

5. Принятая схема ППЗП в размещении наблюдательных скважин не обеспечивает надёжного контроля за продвижением фронта СВ. Необходимо сооружение двух наблюдательных скважин, расположив их, примерно, на середине по лучам 2Р-1Н и 1Р-2Н. Для контроля возможных перетоков в вышележащий буферный байосский горизонт на участке следует пробурить ещё одну наблюдательную или использовать одну из рабочих скважин. 6. Установлена определяющая роль новейших тектонических движений в формировании ПА, что позволило создать более реальную модель геологического строения территории размещения ППЗП.

## **Глава 6. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ БЕЗОПАСНОСТИ ППЗП ПЕСЧАНО-УМЁТСКОГО (ПУ) ПХГ.**

### **6.1. Общие сведения о ПУ ПХГ.**

ПУ ПХГ расположено в 35 км к западу от г. Саратова. В географическом отношении оно приурочено к Приволжской возвышенности. Рельеф характеризуется сглаженными формами. Возвышенные участки (+300 м), г. Песчаный Умёт, минимальные (+150 м) - к долинам балок и оврагов.

На Песчано-Умётской структуре, в 1944-45гг. были выявлены газовая залежь в отложениях черемшано-прикамского и газонефтяные, в отложениях тульского и бобриковско-кизеловского горизонтов карбона, а также нефтяная залежь в кыновско-пашийских отложениях девона (пласт Д<sub>3</sub> -1). В 1955г.- газовые залежи в отложениях III пласта окского подгоризонта, в 1970 г. - в отложениях мячковского горизонта [174].

В 1966 г тульская и бобриковско-кизеловская залежи были полностью отработаны. На основании проектов создания ПХГ, составленных институтом «Востокгазпрогаз» в 1966 году, в 1967 году началась сначала пробная, а затем промышленная эксплуатация ПХГ в истощенной части тульского и бобриковско-кизеловского горизонтов. Газовая залежь черемшано-прикамского горизонта выработана и используется в качестве контрольного горизонта, по которому проводятся наблюдения за герметичностью покрышки.

До строительства ППЗП, метанольные воды складировались в прудах отстойниках, что приводило к загрязнению водоносных горизонтов Mz-Kz возраста, являющихся источником хозяйственно-питьевого водоснабжения.

В 1992 г. был обоснован выбор в качестве объекта для закачки пластовых вод - окско-серпуховской горизонт, установлено необходимое количество поглощающих и наблюдательных скважин, определены параметры их работы и возможная зона распространения закачиваемых вод [133]. Однако эти рекомендации не были реализованы.



С целью определения характеристик водоносного комплекса в 1986-1990 г.г. на серпуховско-окский горизонт были произведены работы по определению приемистости по воде. С учётом возможной ошибки, принят объем закачки вод  $145 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

По полученным данным сброс всей извлекаемой пластовой жидкости в серпуховско-окский пласт может обеспечить одна скважина. В качестве резервной предусмотрена еще одна. Проведенные расчеты показали, за 20 лет эксплуатации ППЗП в серпуховско-окские известняки радиус распространения СВ не превысит 600 м (при поршневом вытеснении), и составит 113 га.

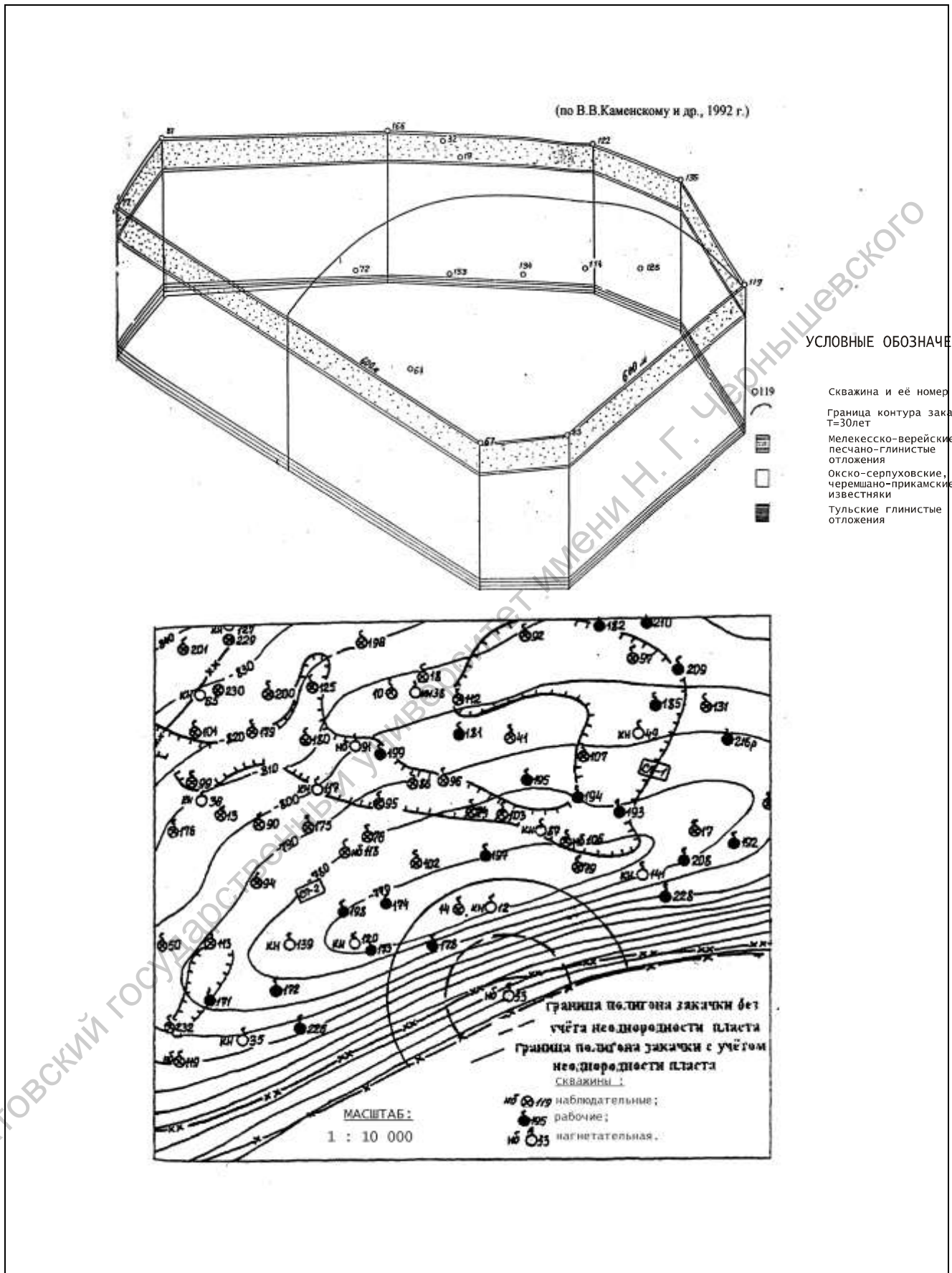
В связи с приближением окончания срока временного разрешения на закачку СВ было поручено решить поставленные ранее задачи. Работы были выполнены в 1995 г. [174]. Установлено, что при толщине кизеловского пласта 15,5 м и пористости 0,106 промстоки займут площадь  $97130 \text{ м}^2$ . При условии внедрения СВ только в газо-насыщенную часть ПХГ - это будет площадь полукруга радиусом 248,7 м. (см. рис. 6.1.2.-1). За 30 лет эксплуатации зона заводнения при равномерном ее распределении по плану займет такое положение, что в неё не попадет ни одна из эксплуатационных скважин ПХГ. Однако авторы высказали предположение: возможно языкообразное продвижение промстоков с удалением от скв. 33 на 500 м.

Эти выводы не бесспорны, что было отмечено экспертизой в 1996 г. Рекомендовано дать обоснование экологической безопасности ППЗП, на основе комплексного изучения интервалов поглощения и зон трещиноватости методами структурно-трещинного, морфометрического, минералогического и других видов исследований [73, 78, 80].

## 6.2. Геологическое строение.

### 6.2.1. Стратиграфия.

В геологическом строении территории принимают участие осадочные



Сверху: рис. 6.5.1.-2. Модель полигона заправки пластовых вод (по В.В.Каменскому, 1992 г.). Снизу: рис. 6.1.2.-1. Модель полигона заправки пластовых вод (по В.И. Милованову, 1995 г.).

породы девонской, каменноугольной, юрской, меловой, палеогеновой и четвертичной систем.

Учитывая, что газохранилище создано в пластах, приуроченных к кизеловскому, бобриковскому и тульскому горизонтам, краткое стратиграфическое описание разреза приводим с отложений карбона, а гидрогеологические условия даны в разделах (3.2.2 и 4.1.2), также приводим их краткую характеристику.

### **Палеозойская эратема**

Каменноугольная система - представлена отложениями турнейского, визейского и серпуховского ярусов нижнего отдела, а также башкирского и московского ярусов среднего отдела.

Разрез сложен, в основном, известняками и доломитами с редкими прослоями глин. В нижней и средней частях разреза, соответствующих отложениям бобриковского и тульского горизонтов визейского яруса, верхней части башкирского яруса и верейского горизонта московского яруса, залегают песчаники, переслаивание глин и алевролитов, толщиной: 878 - 1005 м.

### **Мезозойская эратема**

Юрская система - представлена отложениям байосского и батского ярусов среднего отдела и келловейского яруса верхнего отдела. Разрез сложен глинами, песчанистыми, в средней части, с прослоями песков и песчаников, толщиной от 155 м до 200 м.

Меловая система - отложения барремского, аптского и альбского ярусов  $K_1$  и сеноманского, туронского, сантонского, кампанского и маастрихтского ярусов  $K_2$ . В  $K_1$ : чередование глин и песчаников с редкими прослоями известняков. Отложения  $K_2$ : песчаники (сеноман), далее, чередование прослоев мергеля, глин известковистых, опок с прослоями песчаников. Выше - глины с прослоями мергелей (маастрихт). Толщина отложений: 20 м - 72 м.

### **Кайнозойская эратема**

Палеогеновая система. Отложения слагают южное, более крутое крыло Песчано-Умётского поднятия.

Четвертичная система. Отложения представлены желто-бурыми делювиальными суглинками с прослойками песка и обломками пород, приуроченных к долинам овражной и речной сети, толщиной от 0,5 м до 25 м.

### 6.2.2. Тектоника.

Песчано-Умётское поднятие расположено в юго-западной части зоны Саратовских дислокаций и входит в состав Елшано-Сергиевской флексуры, протягивающейся на десятки километров с востока, от крутого крыла Елшано-Курдюмского поднятия, на юго-запад. Оно представляет собой брахиантиклинальную складку восток северо-восточного простирания, с размерами в пределах изогипсы «-370 м» (по кровле тульского горизонта)  $2.7 \times 6.2$  км. Складка асимметричного строения, с крутым южным ( $23^\circ$ - $25^\circ$ ) и более пологим северным ( $2^\circ 30'$ ) крыльями. В мезозойской толще пород поднятие также выражено, но углы падения в краевых частях:  $10^\circ$ - $11^\circ$  на крутом южном и  $2^\circ$  на пологом северном крыле. Сводовая и присводовая части структуры сложены отложениями барремского и аптского ярусов  $K_1$ . Породы  $K_2$  принимают участие лишь в строении её крыльев.

### 6.2.3. Неотектоническое строение Песчано-Умётской антиклинали.

Песчано-Умётская антиклиналь приурочена к Елшано-Сергиевскому валу, ограниченному с юга одноименной флексурно-разрывной зоной отделяющей вал от Карамышской впадины. На карте новейшей тектоники (см. рис.4.2.-1) её суммарная амплитуда движений, за неоген-четвертичное время равна 750-850 м. Кровля палеозоя залегает на абс. отметках +40 до -30 м и представляет собой размытую поверхность, сформировавшуюся в результате предбайосского перерыва.

В современном рельефе антиклиналь чётко выражена, что отражается в морфометрических показателях. По данным В.П.Философова [286], на карте базисной поверхности 2-го порядка сгущение изобазит наблюдается в

присводовой части структуры, разряжение на периферии, при характерном петлеобразном рисунке изобазит, а локальные остаточные высоты распространены, преимущественно, на крыльях.

Морфометрические построения, выполненные по программе «Surfer», выявили существенные различия в строении рельефа восточной и западной половины структуры. Анализ карты разностей вершинной и базисной поверхности 4 и 5 порядков позволяет предполагать активизацию восточной части структуры, где эта разность составляет 20-40 м, в то время как в пределах западной части менее 10-30 м. (см. рис.6.4.1.-9).

Векторный анализ линеаментов в совокупности с дешифрированием аэрофотоснимков выявил зоны повышенной трещиноватости, которые интерпретируются на основании структурно-трещинного анализа как зоны растяжения, к которым приурочены современные долины (балки, овраги). Кроме зон растяжения выделяется крупная зона сжатия северо-западного простирания, пересекающая сводовую часть структуры и выраженную в рельефе водоразделом 5-го порядка.

Анализ размещения трещинных зон по площади, позволяет предполагать блоковый характер структурного плана антиклинали, формирование которого произошло в четвертичное время.

В пользу такой трактовки зон трещинообразования свидетельствуют:

1. совпадение направлений основных линеаментов и зон с направлением «главных расколов», рассчитанных способом обратных расчетов по методике Е.П.Пермякова [206] –  $80-100^\circ$ ,  $10-22^\circ$ ,  $72^\circ$  и  $342^\circ$  (см. рис.6.2.3.-1) и отражающих распределение напряжений возникающих при формировании брахиантиклинальной складки;
2. находки минералов гидротермального генезиса в аллювии и протолочках: киноварь, барит, пирит, галенит, самородный цинк и др. (см. рис.6.2.3.-2.).

Пока трудно судить о глубине распространения зон трещиноватости и об амплитудах смещения пластов. Однако, совместный анализ выявленных минералов и амплитуд четвертичных движений, установленных по

С. 23-24222

рис. 6.2.3.-1

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24223

Рис. 6.2.3.-2

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24224

Рис. 6.2.3.-3 Карта новейшей тектоники

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского



морфометрическим признакам, позволяет предполагать наличие своеобразной «клавиатуры» блоков, в пределах которых движения проявлены с различной интенсивностью. Таким образом, рассматривая новейшую историю формирования Песчано-Умётской антиклинали, следует отметить:

- современный структурный план – это результат всей предыдущей истории от девона до голоцена при важной роли новейших тектонических движений;
- в качестве особого этапа в формировании блоковой структуры, можно выделить четвертичный этап, предопределявший развитие зон повышенной трещиноватости и дифференцированный характер движений в пределах западной и восточной частей антиклинали. Наиболее вероятный возраст движений, устанавливаемый по морфометрическим данным, т.е. по разности абсолютных высот одно-порядковых долин и водоразделов, определяется как позднеплейстоценово-голоценовый;
- блоковый характер структурного плана (см. рис.6.2.3.-3.) позволяет внести корректуру в оценку рациональности размещения ППЗП и в прогноз распространения его фронта.

### 6.3. Гидрогеологические условия.

**Водоносный горизонт мячковско-подольско-каширских отложений** распространён повсеместно. Водовмещающие породы: трещиноватые и закарстованные известняки и доломиты, пористостью 14-17 %. Нижним водоупором являются глины и плотные известняки в подошве каширских отложений. Верхний водоупор отсутствует и трещинно-карстовые воды гидравлически связаны с водоносным горизонтом байоса. Глубина залегания подземных вод, изменяется от 240 до 321 м.

Воды напорные и, по мере погружения водовмещающих пород, напоры увеличиваются от 54 м до 121 метров. Минерализация изменяется от 1.6 до 4.8 г/дм<sup>3</sup>, рН от 6.7 до 8.3. По химическому составу они преимущественно хлоридные, реже, гидрокарбонатно-хлоридные, натриевые.

**Водоносный горизонт верейских отложений** выделяется по данным БКЗ и приурочен к прослоям песчаников и песчанистых известняков, залегающих среди толщи глин. Воды высоконапорные, минерализация от 47.2 до 66.6 г/дм<sup>3</sup>, по химическому составу хлоридные, магниевые-натриевые.

**Водоносный горизонт мелекесских отложений.** В терригенной толще мелекесских отложений коллекторами являются мелкозернистые песчаники и пески. Толщина коллекторов 13.5 м. По данным опробования на соседних площадях воды высоконапорные, минерализация: от 68.3 до 86.0 г/дм<sup>3</sup>, по химическому составу хлоридные, кальциевые-натриевые.

**Водоносный горизонт черемшано-прикамских отложений** распространён повсеместно. Коллекторами горизонта являются известняки трещиноватые, органогенно-обломочные, обладающие пористостью (3-8%). В сводовой и присводовой части структуры установлена промышленная газовая залежь, подстилаемая водами. Эффективная средняя толщина коллекторов - 9 м, средняя эффективная пористость - 6%, пластовое давление - 6,86 Мпа, температура вод - 30,1<sup>0</sup> С, ГВК расположен на отметке «-523 м».

Верхний водоупор представлен глинами мелекесских отложений, нижний водоупор отсутствует и воды черемшано-прикамского горизонта гидравлически связаны с протвинским горизонтом. Минерализация вод 63,9 - 76,9 г/дм<sup>3</sup>, по химическому составу преимущественно хлоридные, натриевые.

**Водоносный горизонт протвинских отложений** распространён повсеместно. Коллектора - серые трещиноватые мелкокристаллические известняки, в верхней части закарстованные, толщины 35 - 48 м. Верхний и нижний водоупоры отсутствуют, и воды гидравлически связаны с черемшано-прикамским и окским горизонтами. Водоносный горизонт вскрыт в скв. 55 и 74. В скв. 74 из интервала 850-860 м получен приток воды с дебитом 19,0 м<sup>3</sup>/сут при динамическом уровне 330 м. Статический уровень - на глубине 200 м. Минерализация вод 61,2 - 75,8 г/дм<sup>3</sup>, по химическому составу хлоридные, натриевые.

**Водоносный горизонт окских отложений** распространён повсеместно.

Коллекторами являются трещиноватые и пористые разности известняков, которые разделяются пластами более плотных карбонатных пород. Кровля вскрывается на гл.808-1041 м на отм. от «-530» до «-740 м». Толщина зон трещиноватости изменяется: 13 - 53 м.

Нижним водоупором являются глины тульских отложений. Верхний водоупор отсутствует, и воды гидравлически связаны с верхним протвинским горизонтом. Воды высоконапорные, пьезометрические уровни устанавливаются на глубинах от 207 до 255 м на абс. отм. «+11» до «+56 м». Минерализация: 103,2 - 127,0 г/дм<sup>3</sup>, удельный вес 1,075-1,092 г/см<sup>3</sup>, по химическому составу хлоридные, кальциево-натриевые.

Карбонатная толща окских отложений используется в качестве основного поглощающего горизонта.

**Водоносный горизонт тульских отложений.** По данным электрокаротажа и кернового материала в средней части терригенной толщи выделяется два песчаных пласта-коллектора, имеющих не повсеместное распространение. Глубина залегания 1025 - 1127 м. Они представлены песчаниками серыми и буровато-серыми, кварцевыми, мелкозернистыми, слабо слюдистыми, толщиной 5 - 13,5 м. По данным лабораторных анализов керна пористость от 12,6 до 23,8%, проницаемость от 0,171 до 4,16 дарси. Среднее значение пористости – 20% , проницаемости – 1,385 дарси. Перекрывающие и подстилающие породы: глины серые, песчаные, практически непроницаемые, толщиной от 6,5 до 15,0 м.

Воды высоконапорные. Глубина залегания установившегося уровня 210 - 322 м на абс. отм. от -18 до -51 м. Минерализация вод 110,1 - 145,6 г/дм<sup>3</sup>, удельный вес 1,09-1,11 г/см<sup>3</sup>, по составу хлоридные, кальциево-натриевые

**Водоносный горизонт бобриковских отложений.** В толще бобриковских отложений выделяются два невыдержанных по площади пласта-коллектора, с глубиной залегания от 1040 до 1162 м. Коллектора: песчаники серые и темно-серые, мелко- и среднезернистые плотные, слюдистые и глинистые, пиритизированы. Толщина слоя от 1,2 до 11,4 м. Открытая

пористость от 12,6 до 25,0%, проницаемость – от 0,216 до 7,94 дарси.

Проницаемость песчаных коллекторов, рассчитанная по данным промысловых исследований, изменяется от 0,172 до 1,704 дарси. Перекрывающими породами являются глины, приуроченные к кровле бобриковского горизонта. К присводовой части Песчано-Умётского поднятия приурочена газонефтяная залежь, подстилаемая пластовыми водами.

Воды, подстилающие и оконтуривающие газовую залежь, высоконапорные. При исследовании скважины 40 из интервала 1172,4-1173,2 м получен приток воды с дебитом 1,3 м<sup>3</sup>/сут. при динамическом уровне 419 м. Статический уровень установился на гл. 416 м. Минерализация 126,5 - 183,1 г/дм<sup>3</sup>, удельный вес 1,11-1,128 г/см<sup>3</sup>, по составу хлоридные, кальциево-натриевые.

**Водоносный горизонт кизеловских отложений.** Горизонт установлен по данным электрокаротажа и опробования. Глубина залегания от 1054 до 1183 м. Коллектора: известняки светло-темно-серые, тонкокристаллические, органогенно-обломочные, иногда слабглинистые, плотные, крепкие, местами разбитые тонкими вертикальными трещинами. Толщина слоя от 13,0 до 19,0 м. По данным лабораторных анализов керна пористость 3,0 - 16,5%, проницаемость 100 - 500 мд.

Перекрываются известняки алевролитами, глинами и углисто-глинистыми сланцами. Разрез толщиной от 0 до 3,6 м наблюдается не по всей площади поднятия, что обуславливает гидравлическую связь бобриковского и кизеловского горизонтов. Нижний водоупор: глинистые известняк толщиной от 2,0 до 5,0 м.

В присводовой части поднятия приурочена газонефтяная залежь, которая подстиляется и оконтуривается высоконапорными пластовыми водами. Глубина залегания установившегося уровня изменяется 315 - 550 м. При исследовании скважины 22 из интервала 1153-1158м получен приток воды. Дебит скважины 2,1м<sup>3</sup>/сут. при динамическом уровне 886 м. Статический уровень установился на глубине 574 м. Минерализация 141,8 - 239,4 г/дм<sup>3</sup>,

удельный вес 1,13-1,155 г/см<sup>3</sup>, по составу хлоридные, кальциево-натриевые.

#### 6.4. Морфоструктурные исследования.

Для морфометрических построений использованы: карта рельефа территории ПУ ПХГ, стратиграфическая разбивка скважин и карта новейшей тектоники (см. рис. 6.2.3-3). Для выявления связи рельефа с неотектоническими движениями использованы методы морфометрии. А именно: «графическое разложение рельефа на базисные, остаточные и вершинные поверхности согласно порядкам долин и водораздельных линий, а также производство последующих математических действий с этими поверхностями» [285].

Вначале была построена карта порядков долинной сети. Это так называемая дихотомическая классификация долин, согласно которой «элементарная долина, в которую не впадает другая долина, называется долиной I-го порядка. Две элементарные долины первого порядка, сливаясь вместе, образуют долину II-го порядка и т.д.». Карта использована для построения карт базисных поверхностей. Для этого высчитаны координаты (x, y) точек пересечения тальвегов долин с горизонталями рельефа и определены их абсолютные отметки. Эти данные обработаны с помощью программы Microsoft Excel. Составлена таблица, содержащая: №№ точек, их координаты (x, y) и абсолютные отметки (z). Для построений использованы координаты по 500 точкам скопированных в программу Surfer:

- базисные поверхности для долин 3-го, 4-го и 5-го (см. рис. 6.4.1.-2, -3, -4), а также суммарная по этим порядкам поверхность (без учета порядков долин, рис. 6.4.1.-5). Полученная карта является отображением речных вод долин 3-го – 5-го порядков.

Затем построена долинная сеть водораздельных линий. Был применён, бассейновый способ, по которому водораздельная линия не просто разделяет две соседние долины, а опоясывает весь её бассейн (2-го, 3-го, 4-го и 5-го порядков). В итоге получилось, что одна водораздельная линия является

одновременно разно порядковой. Тогда принимая во внимание, что водораздел – это наиболее устойчивая во времени форма рельефа, было принято, что истинным является самый высокий порядок из всех возможных (при этом, не забывая, что данный водораздел омоложен). В итоге были построены:

- вершинные поверхности 3-го, 4-го, 5-го порядков (см. рис. 6.4.1.-6,-7.-8.), и суммарная вершинная поверхность по трём порядкам (рис.6.4.1.-1). После построения базисных и вершинных поверхностей проводились следующие действия: 1. на один лист в единой системе координат накладывались базисная и вершинная поверхности одного порядка; 2. в точках пересечения изолиний производилось вычитание их отметок; 3. далее построены поверхности, характеризующие амплитуды позднеплейстоцен-голоценовых тектонических движений в метрах (см. рис. 6.4.1.-9.). Построения выполнялись по карте масштаба 1:10 000.

Следующим этапом стало создание с помощью программы Surfer схемы рельефа местности ПУ ПХГ. Для этого:

1. на кальку, наложенную на масштабную-координатную бумагу, были нанесены точки с расстоянием между ними и по горизонтали и по вертикали 1 см., т.е. получили так называемую палетку;

2. палетка была наложена на карту рельефа местности, после чего были вычислены абсолютные отметки и координаты точек палетки;

3. по абсолютным высотам и координатам точек построена схема рельефа местности. По абсолютным отметкам устьев скважин с помощью программы Surfer построена схема рельефа и сопоставлена с построенной ранее схемой. Получилось, что схема рельефа (по скважинам) в целом отражает истинный рельеф, только представляет его более генерализованно.

Тем не менее, заданная сетка, фиксирующая изменение поля высот, обладает значительно большей информативностью, чем изолинии на двумерных моделях. Это происходит вследствие того, что самые небольшие изменения параметров рельефа и структур горизонтов находят отражение в густоте линий сетки и смене углов наклонов граней модели в виде то

С. 23-24231

Рис. 6.4.1.-1. Карта суммарной вершинной поверхности долин 3,4,5 порядков

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Рис.6.4.1.-2. Карта базисной поверхности долин 3 порядка

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского



Рис.6.4.1.-3. Карта базисной поверхности долин 4 порядка

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24234

Рис. 6.4.1.-4. Карта базисной поверхности долин 5 порядка

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24235

Рис.6.4.1.-5. Карта суммарной базисной поверхности долин 3,4,5 порядков

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24236

Рис. 6.4.1.- 6 (изменились - на один меньше стало, и всего рис 9, а не 10!!)

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24237

Рис. 6.4.1.-7. Карта вершинной поверхности долин 4 порядка

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24238

Рис. 6.4.1.-8. Карта вершинной поверхности долин 5 порядка

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24239

Рис. 6.4.1.-9. Карта амплитуд позднеплейстоцен-голоценовых тектонических движений (по всем порядкам долин) в метрах..

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

сгущённой, то разреженной рисовки и образованием определённых «теней».

Пространственное расположение этих, так называемых «теней», интерпретируется как границы (ребра) отдельных граней. Предполагается, что спрямлённые элементы «теней» носят характер разрывов (или же зон повышенной трещиноватости), а грани, фиксированные сетками разной густоты, представляют собой грани-блоки (см. рис.6.4.1.-6.).

Проведённые графические построения, подтвердили вывод о том, что структурный план Песчано-Умётской антиклинали имеет блоковый характер.

## 6.5. Полигон подземного захоронения промстоков.

### 6.5.1. Рекомендации по закачке промстоков.

Распределение зон повышенной трещиноватости, выявляемых на основе структурно-морфометрических построений, структурно-трещинного анализа и общей картины распределения зон поглощения по различным горизонтам, указывает на то, что более безопасной является западная переклираль и северо-западное крыло складки. Об этом свидетельствуют низкие значения амплитуд четвертичных движений и слабая тектоническая нарушенность крыла, что может оказаться решающим для выбранного места расположения ППЗП.

Дело в том, что в районе ППЗП фиксируются зоны повышенной трещиноватости в мезо-кайнозойском чехле, вероятно, связанные с разрывными нарушениями в палеозойских отложениях. В пользу этого свидетельствуют, обнаруженные в шлихах, минералы, формирование которых может быть связано с проникновением эманаций из глубинных зон земной коры [267]. В этом отношении особенно показательны находки киновари и других сульфидов приуроченные к Елшано-Сергиевской флексурно-разрывной зоне. Следовательно, расположение ППЗП в поле развития зон трещиноватости следует рассматривать как фактор отрицательный при оценке его безопасности.

Следующий вопрос, который требует рассмотрения, касается характера



распределения зон поглощения и их природы. Характерно, что в районе полигона выделяется ореол, в пределах которого в большинстве скважин наблюдается более 3 поглощающих интервалов (см. рис.6.5.1.-1). При этом один, как правило, располагается непосредственно на контакте юрских и каменноугольных отложений, а до 3-х - непосредственно в каменноугольных известняках. Это обстоятельство позволяет говорить о трещинно-карстовой природе зон поглощения и ставит задачу выявления преимущественных направлений трещинно-карстовых зон, как наиболее вероятных путей миграции закачиваемых промстоков [81, 82, 278, 279].

Выполненный по методике Е.Н.Пермякова [206] структурно-трещинный анализ Песчано-Умётской брахиантиклинали позволил выявить два основных направления трещиноватости, в целом совпадающие с простираем Елшано-Сергиевской флексуры –  $72^\circ$ , ортогонального к нему –  $342^\circ$  и две системы диагональных трещин в диапазонах  $10-22^\circ$  и  $80-100^\circ$ . Существенным осложнением, влияющим на точность построений, оказывает резкая асимметрия структуры, тем не менее, сопоставление установленных расчётных данных с ориентировкой зон растяжения и сжатия и более мелкими линеаменами обнаруживает высокую степень сходимости результатов [278].

## 6.6. Исследования возможных путей миграции СВ по зонам поглощения.

### 6.6.1. Методика работ.

В основу методики положены представления о тесной связи зон поглощения в карбонатных коллекторах, с зонами повышенной трещиноватости, обусловленными разрывной тектоникой [201]. Данные по зонам поглощения получены при анализе буровых журналов, которые были сведены в таблицы (см. аналог: табл.8.5.-1.). На их основе с помощью программы «Surfer» построена карта распределения зон поглощения в протвинско-окском горизонте (см. рис.6.5.1.-1). Также была построена карта

зон поглощения более чем в трёх интервалах глубин, за исключением мячковских отложений (см. рис. 6.6.2.-1), (во всех скважинах поглощают).

Вся информация по поглощениям, вынесена на карту новейшей тектоники ПУ ПХГ (см. рис.6.2.3.-3.), чтобы проверить совпадают ли зоны повышенной трещиноватости, выявленные по линеаментам (см. рис. 6.2.3.-1) и результатов шлихового опробования (см. рис.6.2.3.-2). В случае их пространственного совпадения, можно говорить о наличии проницаемых тектонических нарушений, устанавливаемых по комплексу сульфидных и самородных минералов (см. раздел 11.2.1.)<sup>31</sup>.

Предполагается, что наличие поглощений более чем в трёх интервалах в одной или рядом расположенных скважинах, указывает на вероятное присутствие вертикально ориентированной зоны тектонической трещиноватости и возможную взаимосвязь между этими интервалами.

Поскольку закачка СВ ведётся в серпуховско-окский горизонт, то карта распределения зон поглощения, построенная для него, с учётом ориентировки зон трещиноватости, должна отразить возможное распространение промстоков по площади. Это и показано на карте (см. рис.6.5.1.-1.).

На возможное присутствие вертикально (субвертикально) ориентированных зон тектонических нарушений, также могут также указывать поглощения в верейских отложений, являющихся региональным водоупором. Это тем более не исключено в том случае, когда все установленные зоны поглощений в вертикальном разрезе разновозрастных отложений, пространственно совпадают между собой (см. рис.6.6.2.-1.).

На основе выполненных исследований дана прогнозная оценка возможного распространения фронта СВ в карбонатных коллекторах.

#### 6.6.2. Возможные пути миграции промстоков.

Данные о неотектонике ПУ структуры, показывают на недостаточную обоснованность ранее выполненных расчётов распространения фронта СВ методом, основанном на модели поршневого выдавливания, предполагающим радиальное растекание (см. рис. 6.5.1.-2 и 6.1.2.- 1). Эта модель применима для пород, с каверно-поровой пористостью и не отражает направления движения СВ в породах с трещинно-каверновым типом пор.

Несмотря на обилие опубликованной литературы, касающейся вопроса движения жидкостей в трещиноватых породах, разработок, связанных непосредственно с решением задачи обеспечения экологической безопасности в пределах ППЗП, практически очень мало.

Наиболее полно эта проблема разрабатывается в инженерной геологии и гидрогеологии. По нашему мнению, перспективными направлениями являются методики, основанные на тензорной теории проницаемости трещиноватых массивов и теории линейных элементов [293].

Предлагается: при определении конфигурации фронта распространения СВ, учитывать данные морфоструктурного и структурно-трещинного анализов.

При этом:

1. при простом тектоническом строении – ореол распространения промстоков рассчитывается по основным параметрам эллипса, площадь которого соответствует площади ореола при расчетах по модели поршневого выдавливания, а вытянутость пропорциональна величинам основных направлений трещин или линеаментов;
2. при сложном - контур должен иметь сложную конфигурацию, определяемую серией эллипсов, по параметрам направлений трещиноватости.

Безусловно, подойти к решению этой проблемы можно после изучения трещиноватости в поверхностных отложениях и увязке данных с морфометрическими и структурно-трещинными характеристиками, а также результатами гидродинамических исследований в скважинах.

Первые представления о направлении движения промстоков в карбонатных коллекторах Песчано-Умётского ППЗП отражены на рис. 6.1.2.-1.

С. 23-24244

и 6.5.1.-1. На них показаны прогнозируемые направления движения промстоков

Рис. 6.5.1.-1. зоны поглощений по кровле протвинско-окского горизонта

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Рис. 6.6.2.-1. Карта распределения зон поглощений....

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

на основе их радиального движения.

Анализ построенных карт показывает, что зоны поглощения, наложенные на предполагаемые вертикально ориентированные тектонические нарушения, выявленные с помощью других видов исследования, в общих чертах оконтуривают их и являются подтверждением правильности их выделения. К тому же, в скважинах (скв. 1, 19, 106, 103, 134, 51) в верейских отложениях, являющихся региональным водоупором, установлены зоны поглощения. В связи с этим, можно предположить наличие вероятной вертикальной связи между интервалами по зонам трещиноватости. Эти зоны располагаются в пределах водоразделов пятого порядка приуроченные к зоне сжатия, а также в северо-западной части ПХГ приуроченные к зонам растяжения (скв.1, 19, 67, 205, 222), имеющих южное и юго-восточное простирание. Это можно видеть и по результатам минералогического опробования территории (см. рис. 6.2.3.-2). В шлихах здесь обнаружены киноварь, пирит, самородный цинк и др.[267].

На карте зон поглощения по кровле протвинско-окского горизонта (см. рис. 6.5.1.-1) вынесены зоны трещиноватости и поглощения в этих интервалах глубин. Здесь также наблюдается прямая зависимость распространения зон поглощения от расположения и ориентировки трещиноватости.

Таким образом, можно выделить несколько вероятных направлений движения промстоков по площади ПУ ПХГ, опираясь на ориентировку разрывных нарушений и зон поглощения: северо-западное на юго-западной части и северо-восточное, на северо-восточной части.

Опираясь на вышеизложенное, можно судить о вероятном распространении промстоков в пределах ППЗП: оно будет контролироваться тектоническим нарушением северо-восточного простирания (см. рис. 6.6.2.-1).

Оно обнаруживается по морфометрическим показателям и по зонам поглощения в интервалах глубин, в каждой из скважин, причём в пределах данного нарушения скважины 1,19,134 поглощают и в интервале верейских отложений (см. рис.6.6.2.-1).

На рис. 6.5.1.-1 видно, что, учитывая пространственное расположение зон поглощения в протвинско-окском горизонте, СВ могут распространяться по направлению, соответствующему тектоническому нарушению. Поэтому, наблюдательные скважины нужно располагать к северо-востоку от скв. 85 по направлению тектонического нарушения и к северо-западу, а не по радиусу, как это предлагалось ранее, на основе представлений радиального распространения промстоков в пласте (см. рис. 6.5.1.-1), [133].

Эти рекомендации были приняты ОАО «ВНИПИгаздобыча» [64] и Б.В.Уфимцевым выполнен уточнённый прогноз распространения промстоков на ППЗП [219, 220]. Приведём расчёт и соответствующую графику (см. рис. 6.6.2.-2), на которой показан прогнозный фронт распространения промстоков.

Учитывая данные морфоструктурного и структурно-трещинного анализа, ореол распространения промстоков в породах рассчитывался по основным параметрам эллипса, площадь которого соответствует площади ореола при расчетах по модели поршневого вытеснения, а вытянутость пропорциональна величинам основных направлений трещин. Исходя из предпосылки о поршневом вытеснении пластовых вод, радиус контура распространения промстоков определяется по формуле:  $R = \alpha \sqrt{V / \pi m p_0} = 1.5 \sqrt{119719 / 3.14 \cdot 22 \cdot$

где  $R$  - радиус распространения промстоков, м;

$V$  - объем закачиваемых промстоков, 119719 м<sup>3</sup>;

$m$  - эффективная мощность поглощающего горизонта, 22 м;

$p_0$  - эффективная пористость поглощающего горизонта, 0.02;

$$0.02 = 442 \text{ м,}$$

$\alpha$  - коэффициент, учитывающий фильтрационную неоднородность, вытеснение пластовой воды и т. д., принят нами равным 1.5.

Как известно, площадь эллипса равна:  $S = \pi \cdot a \cdot b$ , где  $a$  - длинная полуось эллипса;  $b$  - короткая полуось эллипса.

По данным структурно-трещинового анализа длинные и короткие полуоси Песчано-Уметской структуры соотносятся, как пять к одному. Следовательно, площадь эллипса будет равна:

$$S = \pi \cdot 5 \cdot b^2$$

Приравняв площадь эллипса к площади кругового контура радиусом 442 м, получим значение короткой полуоси, равное 198 м, а длинной, соответственно, 990 м.

Смещение контура распространения промстоков по направлению естественного потока определялось по следующим зависимостям:

$$V_d = K_f \cdot i_e / \mu_0 = 0.034 \cdot 0.0125 / 0.02 = 0.02125 \text{ м/сут,}$$

где:  $V_d$  - действительная скорость фильтрации естественного потока, м/сут;  $K_f$  - коэффициент фильтрации поглощающего горизонта 0.034 м/сут;

$i_e$  - гидравлический уклон естественного потока, 0.0125;

$\mu_0$  - эффективная пористость поглощающего горизонта, 0.02.

Собственно смещение контура определяется по формуле:

$$L = V_d \cdot t = 0.02125 \cdot 12410 = 264 \text{ м,}$$

где:  $L$  - смещение контура по направлению естественного потока, м;

$V_d$  - действительная скорость фильтрации естественного потока, 0.02125 м/сут;

$t$  - проектное время эксплуатации ППЗП с учетом продолжительности ОПЭ,

$$34 \text{ года} \times 365 \text{ суток} = 12410 \text{ сут.}$$

Общее смещение контура вниз по потоку определяется как сумма радиуса контура при поршневом вытеснении и смещения под воздействием естественного потока:

$$R + L = 442 + 264 = 706 \text{ м.}$$

Таким образом, размеры второго пояса санитарно-защитной зоны (СЗЗ) будут следующими: вверх по потоку от поглощающей скважины №85 равно радиусу кругового контура при поршневом вытеснении – 442 м, по основным



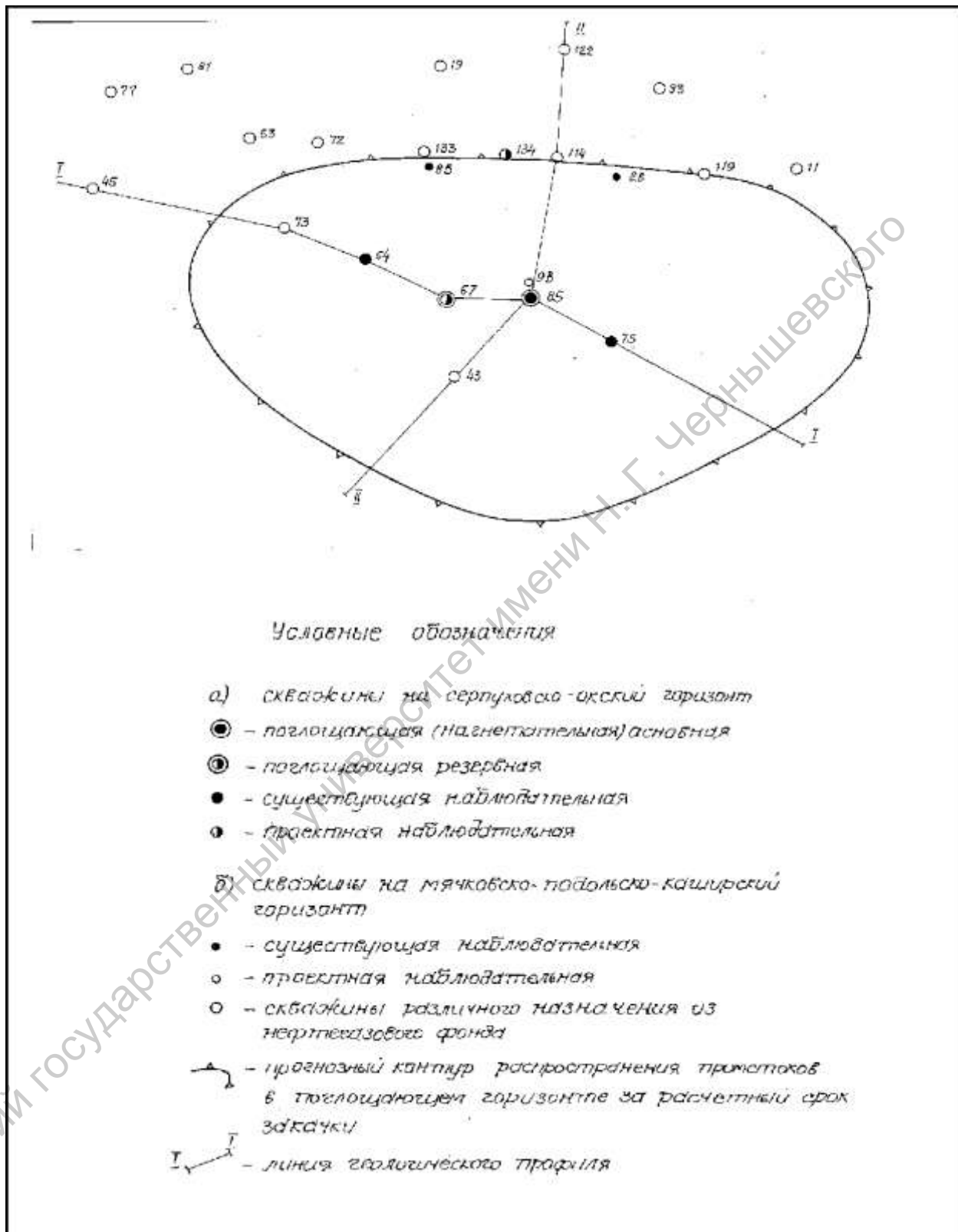


Рис. 6.6.2.-2. Схема расположения скважин и контура распространения притоков на ПЗ Песчано-Умётского ПХГ. (по Уфицеву Б.В. и др. 2002 г)

направлениям трещиноватости расстояние до контура принимаем равным 990 м, а вниз по потоку - 706м. Пространственное положение второго пояса СЗЗ ПЗП Песчано-Уметского ПХГ показано на рис. 6.6.2.-2.

## 6.7. Выводы.

Выполненные исследования позволили установить сложную блоковую (см. рис. 6.6.2.-1.) структуру ПУ антиклинали, проявленную в закономерно ориентированных зонах растяжения и сжатия, подтверждаемых различными методами: морфометрическим, структурно-трещинным, минералогическим, геоморфологическим и структурно-тектоническим (см. рис. 6.2.3.-3).

Наличие линейно вытянутых зон повышенной тектонической трещиноватости позволяет принципиально по-новому подходить к оценке проницаемости пород в вертикальном и горизонтальном направлениях. Это в свою очередь влечет необходимость пересмотра применения модели радиального распространения закачиваемых промстоков и ставит задачу разработки новой модели, основанной на анализе напряженного состояния скального трещинно-карстового массива горных пород (тензорная теория и теория линейных элементов). В первом приближении рекомендуется модель, основанная на анализе эллипсоида напряжений, построенного на лучах розы-диаграммы основных направлений трещиноватости (см. рис. 6.2.3.-1.).

В отношении оценки экологической безопасности ПЗП главный акцент принадлежит анализу тектонического развития структуры, интенсивности и направленности неотектонических движений, определяющих функционирование гидрогеологической и природной систем.

В пределах брахиантиклинали наиболее благоприятным с этих позиций является северо-западное крыло, в пределах которого проявление неотектонических и современных движений, характеризуется как относительно слабое по сравнению с другими участками структуры.

Расположение действующего ПЗП на юго-западном крыле структуры

менее благоприятно в связи с развитием в этом районе зон повышенной трещиноватости, обусловленных тектоническими напряжениями в приподнятом крыле Елшано-Сергиевской флексурно-разрывной зоны.

Предлагается: при определении конфигурации фронта распространения промстоков, учитывать данные морфоструктурного и структурно-трещинного анализов. При этом:

1. При простом тектоническом строении – ореол распространения промстоков рассчитывается по основным параметрам эллипса, площадь которого соответствует площади ореола при расчетах по модели поршневого выдавливания, а вытянутость пропорциональна основным параметрам эллипса;

2. При сложном - контур ореола должен иметь конфигурацию, определяемую параметрами эллипсов, построенных для различных элементов структуры (свод, крыло, периклиналь).

## **Глава 7. СТРУКТУРНО-НЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ППЗП ЕЛШАНО- КУРЮМСКОГО ПХГ (ЕКПХГ).**

На примере данного ППЗП показан возможный анализ распределения зон поглощения промывочной жидкости по площади и по разрезу, с целью прогноза возможного распространения промстоков.

### 7.1 История изучения Елшано–Курдюмской антиклинали.

В окрестностях г. Саратова в 1940 г. была проведена геологическая съёмка Кузнецовым Л.А., выявившая Курдюмо–Елшанское антиклинальное поднятие. В 1941 году Балуховским Н.Ф. выполнены структурно–геологическая съёмка и Енгуразовым И.И. разведочные работы, закончившиеся открытием газоносности верейских отложений и с 1942 –1945 годов, велась эксплуатация месторождения.

С изучением глубоких горизонтов связано применение структурно морфометрических методов исследований рельефа, как отражения структурно – тектонических процессов. Так, В.П. Философов [286] отмечал, что Елшанская структура прекрасно выражена на карте базисной поверхности 2-го порядка.

Изучение рельефа и структурного плана ЕКПХГ посвящено исследованию, связанное с организацией и созданием опорного опытно - производственного государственного полигона мониторинга состояния окружающей среды<sup>32</sup>. Авторы, развивая концепцию академика М.А. Садовского о дискретно – иерархической модели строения земной коры, на базе морфометрического анализа топографических карт и анализа геологических данных рисуют сложную блоковую систему в пределах ЕКПХГ. По их данным этот район располагается в структурном блоке длиной более 100 км.(XIV

---

: Наука, 1986. - 358с

<sup>32</sup> Иванов А.В. и др. Организация и создание опорного опытно-производственного государственного полигона мониторинга состояния геологической среды в районе Елшано-Курдюмского подземного хранилища газа. - М. 2001. Фонды «Югтрансгаз». – 107 с.

порядок), в пределах которого размещены фрагменты 4-х блоков XIII порядка длиной 30-60 км, разделённых в свою очередь на блоки XII и XI порядков длиной соответственно 20 и 3-6 км. Выделены три блока: А – северо-западный, Б - средний, В - южный. Блоки разграничены активными разломами. В пределах блоков выделено несколько кольцевых структур (см. рис 7.1-1.).

Блоковая структура ЕКПХГ в целом соответствует нашим представлениям об общей структурно-неотектонической позиции Елшано-Курдюмской антиклинали, основанной на анализе современного рельефа, в котором основные тектонические элементы отражены долинами рек Курдюм и Елшанка, представляющие линеаменты 5-6-го порядка.

#### 7.1.1. Тектоника и новейшая тектоника.

Елшано–Курдюмское поднятие расположено в пределах одного из наиболее сложно построенных в тектоническом отношении районов юго-востока Русской плиты, находящемся на пересечении доживетского Рязано–Саратовского прогиба, мезозойского Ульянов–Саратовского прогиба и Присаратовского мегавала – новейшей структурной формы. Основные черты неотектонического развития и структурных форм каждого из предшествующих этапов, безусловно, накладывали отпечаток на формирование структурно–тектонических условий последующего этапа, что проявлялось и проявляется, прежде всего, в характере седиментации и тектонической раздробленности.

В новейшем структурном плане Елшано–Курдюмское поднятие расположено в пределах Присаратовского мегавала – положительной новейшей структурной формы второго порядка и входит в состав Елшано–Сергиевского вала – структуры третьего порядка. Оно представляет собой брахиантиклинальную складку асимметричного строения треугольной формы. Амплитуда по бобриковскому и кизеловско – черепетскому горизонтам достигает 100м. Углы падения по тульскому горизонту на северо-восточном крыле составляет  $6^{\circ}$ , на северном  $3^{\circ}10'$ , на юго-западном -  $3^{\circ}$ .

В сводовой и присводовой части структуры на дневной поверхности обнажаются байосские, батские и келловейские отложения. На крыльях обнажаются породы мелового возраста. Углы падения напластований юрских отложений на западном крыле составляют  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$ , на южном крыле  $3^{\circ}$ - $10^{\circ}$ , при азимутах падения  $310^{\circ}$ - $320^{\circ}$  и  $145^{\circ}$ - $150^{\circ}$  соответственно, на северном крыле азимут падения пластов  $135^{\circ}$ , угол наклона  $15^{\circ}$ .

Вопрос о разрывных нарушениях в пределах Елшано–Курдюмского поднятия в силу слабой обнажённости территории, решается, как правило, на основании комплекса косвенных признаков и, прежде всего, геоморфологических и морфометрических. При дешифрировании аэрофотоснимков в своде структуры намечаются прямолинейные участки и незначительные смещения слоёв (правый борт оврага Утешев), на северо-восток от свода на фоне пологого падения слоёв в байосских келловейских отложениях по скважинам наблюдается локальные участки крутого падения пластов. Эти аномальные зоны имеют широтное и северо-северо-восточное простирание.

На водоразделах рек Курдюма, Елшанки и 2-ой Гусёлки, в водоупорных отложениях (алевролиты, глины) юрского возраста, глубина проникновения трещин достигает 25-44м. Косвенным признаком трещиноватости и мегатрещиноватости является широкое развитие в пределах структуры линеаментов различного порядка. Впервые блоковая структура Елшано–Курдюмского поднятия, выявленная на основе анализа рельефа, была реализована в [см. сноску 32, стр. 252]. Авторами выделены разрывные нарушения разного ранга, ограничивающие блоки. Эти данные трансформированы на глубину по нескольким профилям. В качестве основных структурных элементов выделены активные разломы и кольцевые образования. Разломы представляют собой сбросы с амплитудой 10-20 м, реже 30м. Крупные разрывы имеют северо-восточное и северо-западное простирание, для мелких нарушений характерны различные направления, особенно в пределах кольцевых структур.

Таким образом, в современной структуре Елшано–Курдюмского поднятия, в фундаменте, по геофизическим данным, и в строении современного рельефа, по геолого–морфометрическим данным, намечается сеть крупных тектонических нарушений северо-восточного и северо-западного простирания, ограничивающих блоки различного ранга. Тектоническая трещиноватость проявляется в линеаментах, совпадающих с долинами 1-2-3-го порядков.

Современная тектоническая активность Елшано – Курдюмского поднятия проявляется и в сейсмической обстановке, характеризующейся 3-4 бальными землетрясениями, зафиксированными в 19.01.1992, 10.04.1996, 09.03.1997 годах [131]. Эти сейсмические события свидетельствуют о сложном напряжённо–деформированном состоянии массива горных пород, расположенных в пределах Елшано–Сергиевской флексуры.

## 7.2. Методика исследований.

### 7.2.1 Морфометрические исследования.

Были построены морфометрические карты в масштабе 1:25 000. Превышение площади исследований по отношению к площади Елшано–Курдюмского поднятия и собственно ППЗП в методическом плане определяется необходимостью выявления фоновых морфометрических показателей рельефа и характера аномалий, отражающих поднятие. В основу построения карт положена схема порядков долин и водоразделов.

Помимо классических элементов морфометрического анализа, был применён метод построения гониобазисных поверхностей 2, 3, 4 и более порядков, и, кроме того, для выявления мегатрещиноватости были использованы карты линеаментов в соответствующей цифровой обработке.

Методика построения гониобазисных поверхностей была предложена Ю.В. Черняевым и В.П. Философовым [285]. Сущность построений сводится к соединению прямыми линиями равных значений базисов эрозии. Угловатая

форма гониобазит, образующих линейно вытянутые аномалии считается, как правило, интерпретационным признаком положения тектонических границ блоков, а градиент заложения гониобазит характеризует современные движения соседних блоков относительно друг друга. Участки пересечения гониобазит (т.н. «узлы»), рядом авторов интерпретируются как результат неоднородности литологического строения, которые могут быть связаны с кольцевыми структурами различного генезиса. Таким образом, гониобазисные поверхности различного порядка образуют мозаичное ранговое блоковое пространство в соответствии с порядком эрозионной сети.

#### 7.2.2. Возможные пути миграции СВ на основе анализа распределения зон поглощений в разрезе и по площади.

Закачка СВ ведётся в окско-серпуховской, протвинский и черемшано-прикамский горизонты, поэтому карты зон поглощения, построенные с учётом ориентировки трещиноватости, должны отразить их возможное площадное распространение. На основе выполненных исследований дана предварительная прогнозная оценка распространения фронта закачиваемых СВ.

В 357 скважинах ЕКПХГ обобщены данные по зонам поглощений и интервалов с провалами бурового инструмента (183 скважины, т.е. всего 51,26%). Эти количественные соотношения говорят о сравнительно не высокой обоснованности получаемых выводов по характеру распределения зон поглощений для всей территории ПХГ.

На первом этапе обработки, на карте выделено 42 скважины, в которых отсутствуют зоны поглощений. Возможно, их взаимное расположение с 117 скважинами, в которых проявлены зоны поглощений, позволит установить некоторые закономерности в их распределении в пространстве и разрезе.

В просмотренных делах скважин информация о поглощениях неоднородна. В одних случаях приводятся более или менее подробные сведения о характере поглощений, в других, сведения ограничены. Характер поглощений



имеет следующую градацию: частичное, полное, интервалы с фиксируемыми провалами бурового инструмента. Приводятся и такие данные (это касается верхней части разреза): бурение под техническую колонну сопровождалось частичным поглощением, иногда с полной потерей циркуляции, без указания конкретного интервала поглощения и их числа. Таким образом, видно, что информация по своему характеру, неоднородна. Это всё в целом накладывает ограничения на итоговые результаты по анализу распространения зон поглощений в пределах ЕКПХГ и собственно ПЗП.

#### 7.2.2.1. Распределение зон поглощений по геологическому разрезу.

По скважинам прослеживается несколько зон, различающихся количеством поглощающих интервалов по глубинам. Первая, от 50 - до 250 м., вторая, 450-600 м, третья, 700 – м, четвёртая – 800-860 м.

*Первая зона*, включает комплекс терригенных отложений средней юры (байосс) и московского яруса (мячковский, подольский и каширский горизонты). Эта часть разреза характеризуется наиболее частым проявлением зон поглощений. Для неё характерно возникновение многочисленных осложнений, возникающих при бурении скважин. Основной причиной таких явлений являются карстовые формы, сформированные в предсреднеюрский этап развития региона и трещиноватости, возникшей в палеотектонический и продолжающие в неотектонический этап.

*Вторая зона*, выделяется в карбонатных и терригенных породах  $C_2$  (третья пачка верейских отложений), В этой части разреза, выявлено небольшое число скважин с интервалами поглощений. Видимо, для этих коллекторов, в целом характерен каверно-поровый тип, и в меньшей мере, трещинно-блоковый тип порового пространства.

*Третья зона*, приурочена к частям разреза  $C_2$ , охватывающая мелекесские, черемшано-прикамские, протвинские и серпуховско-окские отложения  $C_1$ . Для них отмечены интервалы с частичными и полными поглощениями. Они

связываются как с терригенными коллекторами, так и с карстовыми зонами, наблюдаемых в черемшано-прикамских карбонатных породах

*Четвёртая зона*, включает терригенные отложения  $C_1$  в объёме тульского и бобриковско-кизеловско-черепетского горизонтов. Эта зона отмечена немногочисленными поглощениями в скважинах, на глубинах 710-860 м.

#### 7.2.2.2. Распределение зон поглощений по площади.

Скважины, в которых есть зоны поглощения различной стратиграфической приуроченности, группируются в отдельные поля, различающиеся своей конфигурацией и общей ориентировкой. Разделяющие их участки выделяются по отсутствию интервалов поглощений по всему вскрытому разрезу скважин. В северной части территории, охватывающей территорию ППЗ и междуречье рек Елшанка и Курдюм, по сравнению с южной, фиксируется наибольшее число скважин, в которых выявлены зоны поглощений. Внутри северной области прослеживаются четыре локальные зоны поглощения северо-западного простирания. Особенно это касается территории, где размещены скважины, в которые осуществляется сброс промстоков: 266 и 313. К ним можно присоединить и скважину 221, которая позволила обозначить вероятный контур распространения закачиваемых промстоков.

С определённой долей условности, можно провести разграничивающую линию между скважинами 253, 129 и 371 в юго-западной части территории и всеми остальными скважинами. Эта линия, ориентировочно, совпадает с границей двух крупных блоков. То же самое можно сказать и о линиях разделяющих участки зон поглощения с северо-западным простиранием.

На рис.7.2.2.2.-1. показана эрозионно-карстовая поверхность пред  $J_2$  перерыва. Это сделано для того чтобы вычленить зоны поглощения этого возрастного интервала от всех других, для фиксации их возможной приуроченности к линейно вытянутым зонам, с которыми связывается существование активных разломов. На карте прослеживаются три извилистых,

вытянутых участка (чёрного цвета) северо-восточного простирания по форме

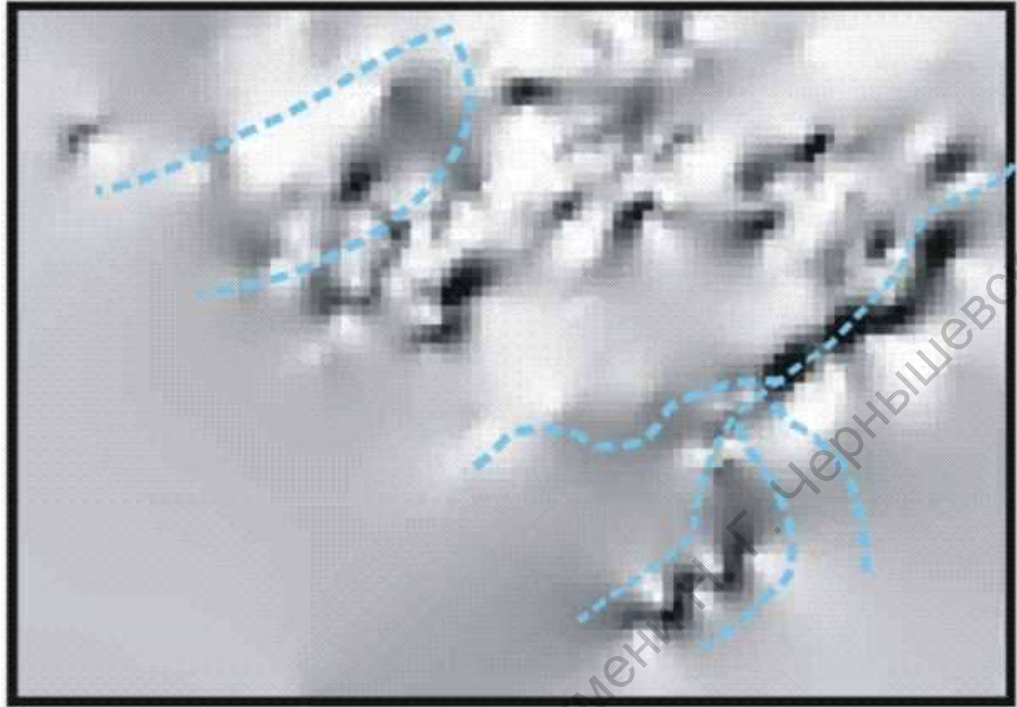
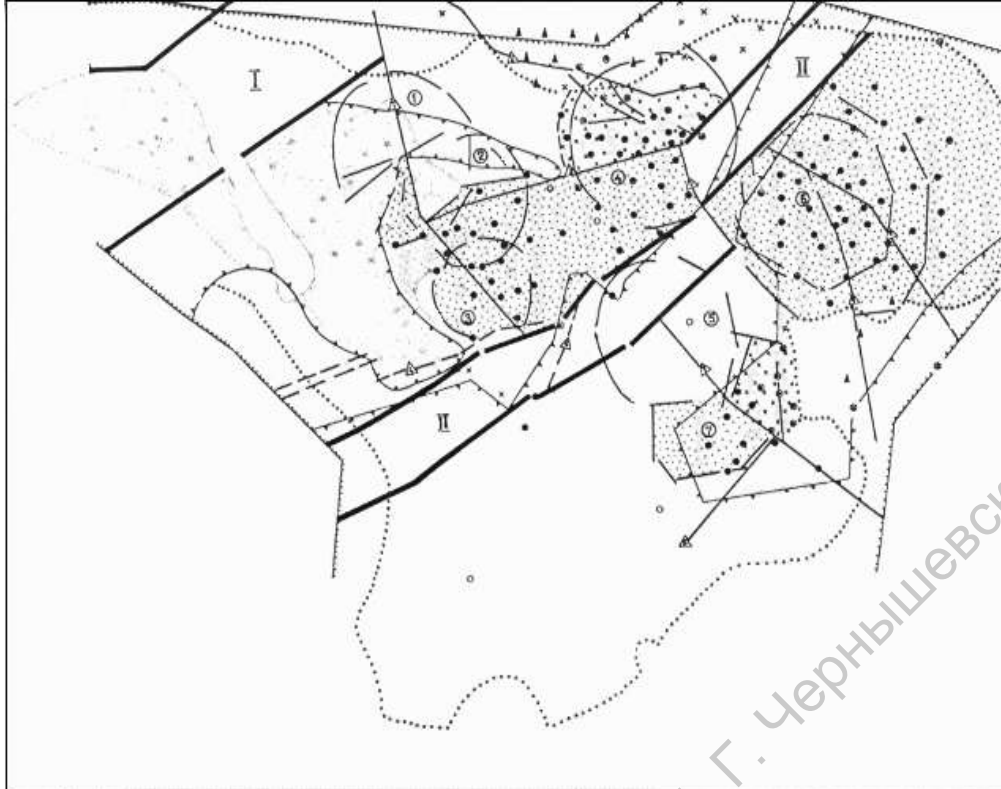


Рис. 7.2.2.2.-1 Закарстованная эродированная поверхность палеозойских отложений ( $C_2mc$ ) с проекцией современной эрозионной сети (пунктирные линии) в пределах Елшано-Курдюмского поднятия. [Ваньшин Ю.В. и др. 2004г].



Структурная модель ЕК ПХГ (по данным А.И.Иванова и др.2001 г).  
похожих на русла водотоков или карстовые поля, развитых на карбонатных породах мячковско-подольского возраста  $C_2$ . Их можно интерпретировать как древнюю эрозионную сеть, а частичное совпадение с ориентировкой современной гидросети, как вполне вероятную унаследованность современных линеаментов, с древними, пред  $J_2$ .<sup>33</sup>

Оценивая, с точки зрения новейшей структуры, изученное ППЗП ЕК ХГ, следует отметить его благоприятное расположение в области наименее затронутой новейшими и современными тектоническими процессами.

Югтрансгаз». – 107 с.

<sup>33</sup> Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г., Токарский А.О. Изучение характера распространения по площади и в разрезе зон поглощения бурового раствора для оценки экологической безопасности действующего полигона захоронения промстоков Елшано-Курдюмского ПХГ (Саратовская область): Тр. Межд. симпоз. «Карстование-XXI век: теоретич. и практич. знач.». - Пермь. 2004. – С.335-339.

## **Глава 8. СТРУКТУРНО-НЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ППЗП СТЕПНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УВ.**

### 8.1. Введение.

Обоснование безопасности действующего ППЗП сделано на основе изучения структурно-неотектонического строения района и неотектоно-геоморфологического анализа трещиной и разрывной тектоники.

Даны рекомендации по организации мониторинга за прогнозируемым распространением промстоков, размещением наблюдательных скважин, размерами и контурами СЗЗ (санитарно защитные зоны)<sup>34</sup>.

### 8.2. Тектоника.

Степновское ПХГ расположено в пределах Советско-Степновского вала и приурочено к Степновской структуре, входящей в Степновско-Фурмановскую дислоцированную зону, в пределах которой установлены Любимовское, Степновское, Первомайское, Восточно-Суловское, Фурмановское поднятия.

В разрезе выделяется четыре структурных яруса: среднедевонский-франкий, фаменско-каменноугольный, юрско-меловой и неоген-четвертичный. Характерной особенностью строения является унаследованность структурного плана по различным горизонтам палеозойских и мезозойских отложений, при этом наблюдается незначительное изменение контуров отдельных куполов и прогибов в пределах структуры и выполаживание углов на крыльях с уменьшением амплитуды. Так по кровле пласта D<sub>2</sub>-V угол падения на северном

---

ь. 2004. – С.335-339.

□ Токарский О.Г., Ваньшин Ю.В., Токарский А.О. Отчёт «Структурно-неотектонические и морфометрические исследования полигона захоронения промстоков Степновских головных сооружений». ОАО «Саратовнефтегаз». / Фонды ДОО «ВНИПИгаздобыча». Саратов, 2002. - 72 с.

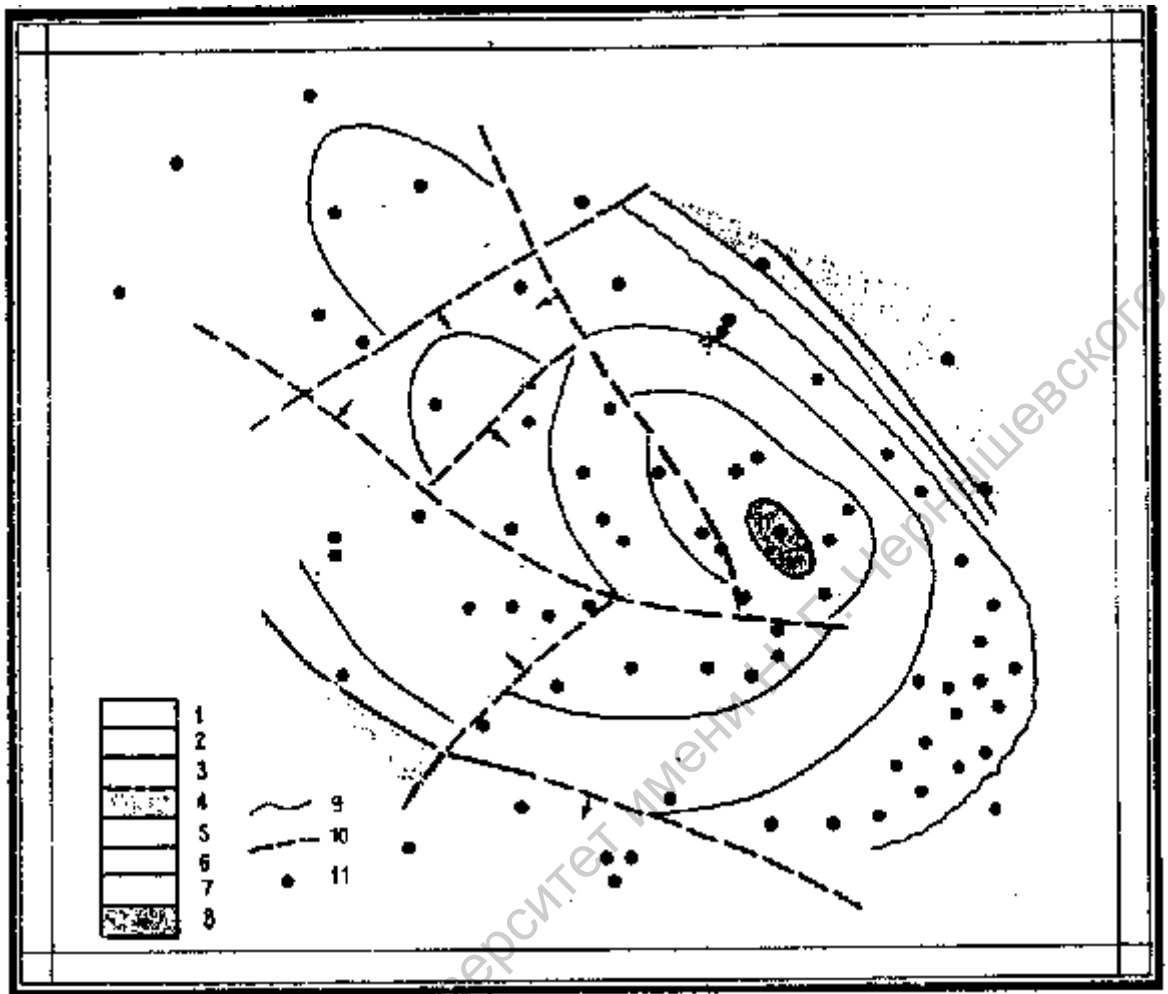


Рис. 8.2.-1. Степановское месторождение. Пластовая карта среза на абсолютной глубине — 1950 м. Составили К.А.Машкович и М.Г.Шебалдина. 1970 г.

О т л о ж е н и я: 1 — каменноугольные, девонские; 2 — данково-лебедянские; 3 — задонско-елецкие; 4 — саргаевские; 5 — кыновско-пашийские; 6 — муллинские; 7 — ардаатовские; 8 — воробъевские; 9 — геологические границы; 10 — сбросы; 11 — скважины.

крыле достигает  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , а на юго-западе  $7^{\circ}$ - $12^{\circ}$ , в мезозойских отложениях поднятие также четко выражено.

По данным К.А.Машковича [171] это поднятие начало свое существование в  $D_2$  ( $D_2$ -V). Палеотектонический анализ Степновской антиклинали (см. рис. 8.2.-1) свидетельствует о нарушенности структуры погребёнными тектоническими нарушениями. Наличие разрывов также подтверждается изменением пластового давления, в пьезометрической скважине 12, расположенной на северо-западе периклинали. Здесь отмечалась разница пластового давления с эксплуатационными скважинами  $\approx 100$  атм.

Структурные карты по живетским отложениям, построенные в 90-е годы различными авторами, резко отличаются по принципам интерпретации тектонического строения Степновского ПХГ – в одних случаях на картах отражается блоковое строение, в других - складчатое. Структурные карты по каменноугольным отложениям, как правило, также строятся без учета возможности развития тектонических нарушений, хотя фактический материал по результатам бурения не исключал их наличия.

### 8.3 Структурно- неотектоническое строение района Степновского ПХГ.

В новейшем структурном плане Степновская антиклиналь приурочена к структурной форме, заложение которой связано с началом активизации земной коры в конце олигоцена. Наиболее сложная неотектоническая обстановка здесь существовала в миоцене - начале плиоцена. Оно характеризуется наибольшей активностью положительных движений, приведших к существенной денудации, что проявлено в характере сильно расчленённой доакчагыльской поверхности и зафиксировано в колебаниях толщины акчагыльских отложений (26 - 200м). Развитие структуры в четвертичное время характеризуется спокойным режимом, что отражено в рельефе раннеплейстоценовой равнины (слабая горизонтальная и вертикальная расчленённость).

Антиклиналь выделяется в морфометрических показателях по распределению явного остаточного рельефа [286]. В пределах структуры развиты верховья долин 2-го и 3-го порядков, уклон долин менее  $0^{\circ}30'$ . На крыльях развиты замкнутые понижения, водораздельное пространство плоское, холмы остаточного рельефа окружают Степновскую структуру.

При сопоставлении морфометрических карт со структурными картами по кровле пласта  $D_2-V$  и кровле бобриковского горизонта наблюдается хорошее совпадение. Частичное совпадение морфометрической структуры наблюдается с кровлей юрских отложений, смещение к юго-западу по кровле терригенной пачки верейского горизонта и по кровле палеозоя

Суммарная амплитуда новейших движений структуры составляет  $\approx 500$ м.

#### 8.4. Анализ топо-гидролинеаментов.

Основной целью применения количественных методов при изучении пространственных закономерностей размещения линеаментов является исключение субъективного фактора при обработке полученной информации. Для этого данные о линеаментах представляются в виде карт роз - диаграмм линеаментов, карт длины линеаментов и в виде графиков.

Процесс интерпретации линеаментов и их систем тесно связан с процессом поиска и выделения собственно линеаментов, неотделим от последнего и рассматривается как его основная часть. Под интерпретацией подразумевается отождествление вновь выявленных структурных линий земной коры, именно с теми нарушениями земной коры, след которых запечатлён в изменениях рельефа и геологического строения

Главным результатом линеаментного анализа является исследование связей геологических процессов с трещино-ослабленными зонами. Именно они нередко определяют особенности изменения коллекторских, плотностных и фильтрационных параметров в массивах горных пород, обуславливая их анизотропию и проявление экзогенных геологических процессов. Это, в свою



очередь в большинстве случаев способствует геоморфологическому выражению последних в рельефе в виде долин, западин и т.д.

В пределах контура горного отвода Степновского ПХГ рельеф раннечетвертичной денудационной равнины представляет плоское водораздельное пространство, осложнённое долиноподобными замкнутыми понижениями и западинами, различной формы в плане и различных размеров. При слабой расчленённости рельефа, отражённого на карте 1: 10 000 масштаба горизонталями с отметками 70-72 м, трудно восстановить гидрографическую сеть. Тем не менее, используя дешифрирование аэрофотоснимков и абсолютные отметки поверхности Земли, намечаются пониженные участки рельефа и выделяются линеаменты низких порядков.

На основе анализа линеаментов в пределах контуров горного отвода по распределению линеаментов выделяются пять блоков (**А**, **Б**, **В**, **Г**, **Д**), ограниченных двумя системами линеаментов высокого порядка, имеющих субширотное и северо-западное простирание и образующих своеобразную «клавиатуру блоков». Учитывая длину линеаментов, можно предположить, что по интенсивности современных движений наиболее спокойным (мало амплитудным) является блок **В**, характеризующийся протяженными линеаментами северо-восточного простирания и ограниченный двумя линеаментами высокого порядка северо-западного простирания. Наиболее активными являются блоки **Г** и **Д**, в пределах которых мегатрещиноватость представлена, линеаментами преимущественно северо-восточного (блок **Г**) и северо-западного простирания (блок **Д**).

Для прогнозирования ореолов распространения промстоков основной интерес представляют блоки **А** и **Б**, разделённые крупным широтным линеаментом и ограниченные с востока от блока **В** линеаментом северо-западного простирания (см. рис. 8.4.-1.).

По характеру рельефа и протяжённости линеаментов блок **А** является более пассивным относительно блока **Б**. Эти блоки отличаются и основными направлениями мегатрещиноватости. Косвенным подтверждением наличия зон

повышенной трещиноватости вдоль выделенных линеаментов является приуроченность к ним скважин, в которых при проходке установлено наибольшее количество зон поглощения по всему разрезу.

Не исключено, что линеаменты, диагностируемые как зоны повышенной трещиноватости в какой то мере соответствуют разрывным нарушениям, отраженным на карте пластового среза (см. рис.8.2.-1).

ППЗП расположен на юго-западном, более пологом крыле Степновской антиклинали. В силу этого обстоятельства в тектоническом отношении, имеется в виду разрывная тектоника, этот элемент структуры отличается более спокойным относительно свода проявлением напряжений. В неотектоническом отношении участок выражен весьма слабо, что отражается в низкой степени расчлененности современного рельефа (перепад высот не  $> 2$ м и фиксируется западина в рельефе сложной конфигурации).

С целью выявления линеаментов, представленных ложбинами стока (гидролинеаменты) проведено дешифрирование аэрофотоснимков масштаба 1:100 000, (см. рис. 8.3.-1.).

Непосредственно в пределах ППЗП по изменению фототона в анализируемом масштабе фотопланов гидролинеаменты практически не проявляются. Исключение составляют пониженные участки (западины), имеющие более темный фототон за счёт увлажнения почвы. Понижения в форме небольших изометричных пятен размером в первые десятки метров, не обнаруживают определённой закономерности пространственного расположения. Кроме этих форм прослеживаются понижения протяжённостью до 1,5-2 км., шириной до 100м, имеющие субширотное простирание.

Чётко фиксирующиеся гидролинеаменты, как правило, располагаются за пределами контура Степновского ПХГ. Они отражают простирание оси структуры. Азимуты их простирания иллюстрируются таблицей 8.3.-1.

Выделяются две системы линеаментов: субмеридиональная - от  $0^{\circ}$  до  $20^{\circ}$ , (среднее -  $9^{\circ}$ , составляющая около 20% замеренных линеаментов и северо-северо-западное -  $310^{\circ}$  -  $330^{\circ}$ , составляющая более 50%. Северо-северо-западное

Таблица

8.3.-1.

интервал	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	161-180
азимуты простирания	15	30			100	120	140	150	
	7				85	115	130	160	
	20					115	130	150	
	5					115	130	160	
	5						130	150	
	0						130	150	
								160	
к-во лин.	6	1			2	4	6	8	
среднее	9	30			90	116	131	154	
%	22	4			8	15	22	30	

Рис. 8.3.-1. Роза диграмма  
простираний линеаментов  
Степновской  
антиклинали

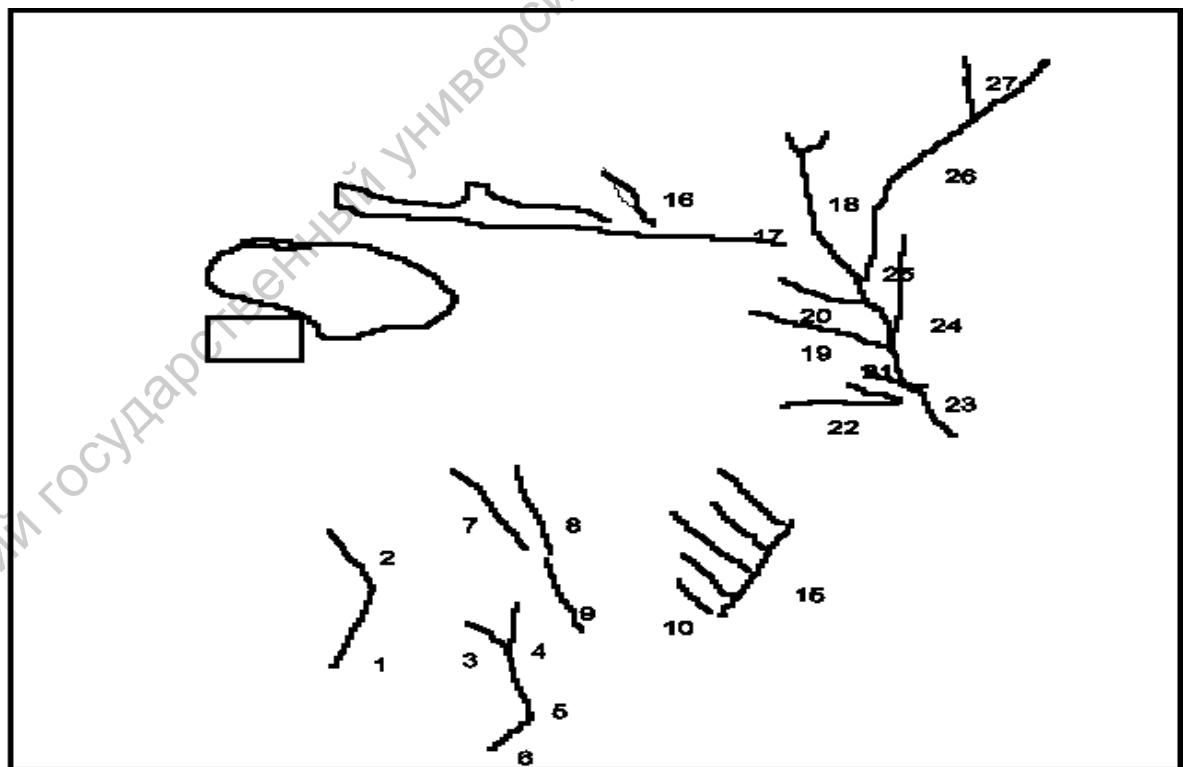
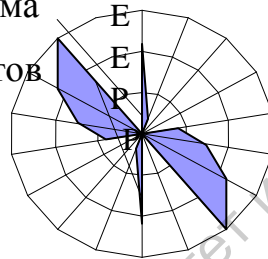


Рис.8.4.1 Схема линеаментов по данным  
дешифрирования аэрофотоматериалов.

простираение линеаментов в целом соответствует трещиноватости параллельной оси Степновской антиклинали.

#### 8.5. Распределение поглощений по геологическому разрезу и площади.

Данные по зонам поглощения сведены в таблицу 8.5.-1. По ним построены карты распределения зон поглощения для окско-серпуховского горизонта. Информация вынесена на схему линеаментов Степновского ПХГ, с целью сопоставления их с зонами повышенной трещиноватости, выделенными на основе морфометрического анализа (см. рис. 8.5.-1). Также построена карта зон поглощения более чем в трёх интервалах глубин. Предполагается (см. главу 6), что наличие поглощений (в одной или близко расположенных скв.) более чем в трёх возрастных интервалах, указывает на вероятное присутствие вертикально ориентированной зоны трещиноватости и возможную взаимосвязь между ними.

В делах скважин информация о поглощениях весьма ограничена и неоднородна. Был выбран участок в пределах горного отвода по форме близкой к прямоугольнику, ограниченного скважинами 102, 176 (северо-восточный угол), скв. 106, 162, 182 (восточная граница) скв. 15, 5 (южная граница), скв. 25, 11 (западная граница). Он охватывает прогнозируемый контур распространения промстоков. На участке пробурено 78 скважин (по 48 имеются данные о поглощениях). Для увеличения их общего числа были добавлены скважины, пробуренные в восточной части Степновского ПХГ.

Поскольку закачка промстоков ведётся в серпуховско-окский горизонт, то карта распределения зон поглощения, построенная для него, с учётом ориентировки зон трещиноватости, по нашему мнению, должна отразить возможное площадное распространение промстоков. По всем скважинам прослеживаются три зоны, различающиеся количеством поглощающих интервалов. Первая, глубиной от -200 - до -1100 м., вторая, -1000-1900 м и третья, свыше -1900 м. (см. табл. 8.5.-1. приведен сокращённый вариант – 38 скв)

**Первая зона.** Включает карбонатные отложения:  $P_1$ , в объёме ассельского и сакмарского ярусов (нерасчленённые),  $C_3$  (гжельского яруса), московского яруса (верхняя часть  $C_2$ , включающего мячковский, подольский и каширский горизонты). Разрез характеризуется практически повсеместным проявлением зон поглощений. Для него характерны осложнения, возникающие при бурении. Основной их причиной являются многочисленные карстовые зоны, сформированные в предсреднеюрский этап развития и, возможно, зоны трещиноватости, возникшие в неотектонический этап развития. Косвенным доказательством последнего может стать наличие зон поглощений в верейской терригенной толще, для которой, поглощения и провалы не характерны и обычно связываются с присутствием пористых коллекторов.

**Вторая зона,** выделяется в карбонатных породах  $C_1$ , которые используются в качестве объектов для захоронения промстоков. В этой части разреза, выявлено несколько скважин с интервалами поглощений (скв. 21, 107, 115б, 119, 123б, 143, 157, 160, 324, 416, 416, 418). Видимо, для этих коллекторов характерен каверно-поровый тип, и в меньшей мере, трещинно-блоковый тип порового пространства. Однако его наличие будет существенно влиять на направление движения закачиваемых промстоков.

**Третья зона,** приурочена к частям разреза  $D_{3-2}$  комплекса отложений (данковским, лебедянским, елецким, задонским, ардатовским, воробьёвским, черноморским, мосоловским и другим горизонтам). Для них отмечены интервалы с частичными и полными поглощениями и связываются, в основном, с вскрытием рифогенных отложений. По нашему мнению, нельзя исключать и присутствие разрывных нарушений. В ряде скважин отмечено совпадение интервалов поглощений второй и третьей зон. Проведённый анализ размещения скважин по площади, указывает на некоторое совпадение их с тектоническими нарушениями показанных на карте (см. рис. 8.2.-1.).

## 8.6. Заключение.

Установлена блоковая структура Степновской антиклинали, проявленная

С. 23-24270

Вставить 2 стр. табл. 8.5.-1.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24271

Продолжение табл. 8.5.-1.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24272

Эти рисунки на две страницы переделать!!! – **переделаны и отпечатаны 8.09.05.**

Рис. 8.4.-1

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского



С. 23-24273

Рис. 8.6.-1

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

в закономерно ориентированных зонах растяжения и сжатия, подтверждаемых различными методами: морфометрическим, структурно-трещинным, геоморфологическим и структурно-тектоническим. Наличие линейно вытянутых зон повышенной трещиноватости позволяет обоснованно подходить к оценке проницаемости пород в вертикальном и горизонтальном направлениях. Это, в свою очередь влечет необходимость пересмотра применения модели радиального распространения закачиваемых СВ. Поэтому нами рекомендуется модель, основанная на анализе эллипса напряжений, построенного на лучах розы-диаграммы основных направлений трещиноватости и мегатрещиноватости (см. рис. 8.3 -1).

В отношении оценки экологической безопасности ПЗП главный акцент принадлежит анализу тектонического развития структуры и особенно интенсивности и направленности неотектонических движений, предопределяющих функционирование гидрогеологической природной и антропогенно измененной систем.

На основе морфометрических и структурно-трещинных исследований построена карта новейшей разрывной тектоники (см. рис. 8.4.-1.) и сделана оценка возможного распространения фронта закачиваемых СВ с учётом движения жидкости по сетям трещин в условиях поля напряжений, возникающих в литосферных блоках (см. рис. 8.4.-2.). Выполненные исследования показывают принципиальную сходимость результатов по определению контура прогнозируемого фронта растекания промстоков полученных по данным ОАО «ВНИПИгаздобыча» [220] с учётом эллиптической модели вытеснения.

Более сложный контур фронта растекания, установленный при линеаментном анализе и позволяющий выделить внешнюю и внутреннюю область растекания промстоков, требует как минимум пятилетнего наблюдения с целью его последующей корректировки.

## **Глава 9. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ППЗП НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УВ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ.**

На примере месторождений углеводородов (УВ): Соколовогорском, Лимано-Грачевском, Гусельском и на базе ЦПТНГ «Смородинка» проведено гидрогеологическое обоснование возможности и экологической безопасности сброса промыслово-сточных вод в глубокие горизонты [238, 239, 240, 241]. Для этих целей, помимо необходимых для решения поставленных задач, выполнены методами математического моделирования: 1. гидродинамические прогнозные расчёты сброса СВ. 2. оценка совместимости сточных вод с пластовыми водами и породами. Эти две задачи в работе рассмотрены на примере одного Соколовогорского месторождения.

### **9.1. ППЗП Соколовогорского месторождения УВ.**

**Соколовогорское месторождение** расположено на северной окраине г. Саратова на правом берегу р. Волги и острове “Зеленый”. Типовой разрез дан по скважине 190, охарактеризованной полным комплексом ГИС (рис. 9.1.-1.).

В геологическом строении принимают участие отложения палеогеновой, меловой, юрской, каменноугольной и девонской систем.

Продуктивный горизонт находится в живетском ярусе среднего девона на глубине 1800-2000 м и представлен нефтенасыщенными песчаниками толщиной 4-8 м. В нижней части он изолирован плотными глинистыми известняками чернораиско-мосоловского горизонта. В верхней, глинами муллинского горизонта.

*Зона активного водообмена* расположена в интервале 80-170 м юрских отложений: пресные и солоноватые воды гидрокарбонатные, натриевые.

*Зона замедленного водообмена* - в интервале 350-900м каменноугольных отложений. Воды солоноватые и соленые.

*Зона застойного режима* - в интервале 1350-1550 м верхнедевонских отложений. Для неё характерны воды хлоркальциевого типа.

Пробурено 196 скважин. При эксплуатации использовался метод законтурного заводнения, поэтому часть скважин, на отработанном участке, переведена в разряд нагнетательных: 91, 139, 146, 148, расположенные на восточном крыле месторождения. Планируемый объем закачки при суточной производительности -  $750 \text{ м}^3/\text{сут.}$  за 20 лет с 2003 по 2023 годы составит:  $750 \times 365 \times 20 = 5475000 \text{ м}^3 = 5,5 \text{ млн. м}^3$  и с 1969 по 2023 гг. будет закачено  $15812280 \text{ м}^3$  СВ. В качестве поглощающего горизонта используются евлано-ливенские и задоно-елецкие горизонты верхнего девона на гл.1300-1570м. (см. табл. 9.1.-1.). В качестве буферного используются отложения заволжского горизонта (пески и песчаники кварцевые, мелкозернистые, с прослоями глин).

#### 9.1.1. Неотектоника.

В новейшем структурном плане Соколовогорская антиклиналь входит в состав Елшано-Сергиевского вала. По данным К.А.Машковича [171] Соколовогорское поднятие относится к подтипу «девонских» структур, отражённых в каменноугольных и мезозойских отложениях. Необходимо отметить, что поднятие чётко проявлено в современном рельефе (г. Соколовая) с абс. отм.: 150-170 м. Амплитуда новейших положительных движений в её пределах, с учётом денудационного среза и гипсометрического положения акчагыльской абразионной поверхности составляет 390-430 м.

Соколовогорская антиклиналь выделяется практически по всем морфометрическим показателям. На картах базисных и вершинных поверхностей 2-го и 3-го порядков – это сложный петлеобразный рисунок изобазит с малым заложением и повсеместное развитие скрытого остаточного рельефа высотой от 10 до 25 м. (для западной части и широкое развитие остаточного рельефа (о. Зелёный) для восточной части структуры. Особенностью структуры является то, что она представляет в настоящее время

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Вставить Табл.9.1.-1.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

собой активно развивающееся поднятие, о чём свидетельствуют интенсивно проявляющиеся современные экзогенные (эрозионные, гравитационные и трещинообразовательные) процессы. Большинство долин в пределах структуры представлены V-образными промоинами 2-го порядка, прямолинейными оврагами 3-го порядка и их отвершками (овраги Маханый, Сеча), которые следует рассматривать, как основные линеаменты, отражающие современную мегатрещиноватость, образующую «решётку мегатрещиноватости», характеризующуюся сочетанием северо-восточных и северо-западных направлений.

Относительно развития гравитационных процессов следует отметить, что бровки отрыва и надползневые уступы грандиозных оползней береговой зоны контролируются мегатрещиноватостью северо-восточного простирания.

Таким образом, наличие абразионной акчагыльской поверхности, выраженная эрозионная овражно-балочная сеть, характеризующаяся прямолинейностью, крутыми склонами и наличие перехватов на водоразделах, а также оползни свидетельствуют о современной активности Соколовогорской антиклинали. Трещиноватость меловых и четвертичных отложений и своеобразная «решётка мегатрещиноватости», позволяют предположить блоковый характер новейших движений.

В пределах Соколовогорской антиклинали С.А.Макаровым и О.Г.Токарским были проведены замеры трещиноватости, обработка которых (3500 замеров) и линеаментный анализ позволяют сделать следующие выводы:

1. Суммарная роза-диаграмма трещиноватости совпадает по основным параметрам с розой-диаграммой линеаментов бассейна оврага Маханый.

2. При анализе трещиноватости горных пород и линеаментов необходимо соблюдать бассейновый принцип анализа, т.е. проводить структурно-геоморфологическое и структурно-неотектоническое районирование: а) в случае однотипности распределения линеаментов различных бассейнов их можно объединять и считать однородными по характеру трещиноватости; б) в случае резкого различия в распределении

линеаментов бассейны следует отчленять друг от друга, считая, что они отражают различные структурные элементы.

Структурно-трещинный анализ на базе исследования линеаментов позволяет сделать принципиально важные выводы о характере трещиноватости массива горных пород и может служить основой для построений, с учётом положения ППЗП относительно структурных элементов.

#### 9.1.2. Неотектоническая трещиноватость Соколовогорской структуры.

Выполненные многими исследователями закономерности взаимосвязи платформенной трещиноватости с тектоническим строением района позволяют, производить не только **качественное**, но и **количественное** обследование территорий, которое даёт возможность рассчитать характеристики и размеры отдельных структурных элементов и решать задачи по определению параметров главных расколов на основе структурных построений.

При изучении Соколовогорской антиклинали, так и других структур: Песчно-Умётской, Елшано-Курдюмской и т.д. нами принята за основу методика, предложенная Е.Н.Пермяковым [206], базирующаяся на основе ряда эмпирических законов, а также тригонометрических правил, в частности, правила параллелограмма. Одним из главных вопросов структурной геологии является ориентировка и размеры осей структур, решение, которого, согласно вышеуказанным правилам заключено в постулате: «.....диагональ параллелограмма, построенного на диагональных лучах участковых и сводных диаграмм трещин направлена, по линии простирания». Соответственно, при решении обратной задачи используются данные о геометрии структуры взятых со структурных карт (см. рис. 9.1.2.-1.). Расчёт трещиноватости произведённый по методу Пермякова Е.П. показывает приблизительно 85%-ю сходимость расчётных и наблюдаемых значений (см. рис.9.1.2.-2.), что ставит данную методику в ряд достоверных рабочих геологических инструментов.

Она согласуется, как с данными экспериментов моделирующих деформационные процессы, так и с положениями общей теории



трещинообразования. Трещины являются частным проявлением напряжения в массиве горных пород, имеющими свою величину и ориентировку в каждом направлении, а общая форма структур и в первую очередь их основное выражение (оси структур зависят от причин той же природы), очевидна взаимосвязь между направлением оси структуры и литосферными напряжениями. Соотношение частоты трещин по главным направлениям функционально связано с величиной и направлением напряжений в каждом конкретном объёме массива горных пород.

Необходимые исходные данные для обратного расчёта:

$l_1$ -длина крутого крыла;  $l_2$ - пологого крыла;  $L_1$ -поперечника;  $L_3$ -короткой периклинали;  $L_4$ -длинной периклинали;  $L_2$ -продольной оси структуры;  $H$ -амплитуда поднятия;  $R^0$ -простираение оси структуры.

По этой методике проведены расчёты возможных главных направлений развития трещин в пределах замкнутого контура по кровле задано-елецких и подошве евлано-ливенских отложений. Структурные параметры в расчётных схемах сходные, поэтому даём средний (см. рис.9.1.2.-3.).

Величины  $an_1$  и  $bn_2$  определяют систему главных расколов для центра структуры. Для расчёта системы расколов в любом месте структуры вводится коэффициент положения, который выражается соотношением  $l/L$ , где  $l$ -расстояние данной точки от последней замкнутой стратоизогипсы, взятое последовательно в направлении, параллельном главным полуосям структуры ( $L$ ), считая от структурного центра.

Расчёты (см. таб. 9.1.2.-2.) показывают: основные трещинообразующие направления имеют параметры: по расчётной схеме азимут простираения главных расколов -  $340^0$  и  $242^0$  при  $n_1 = 121$  ;  $n_2 = 49$  (см. рис. 9.1.2.-4), соотношение осей эллипса трещиноватости составляет 2,5.

Расчёт подтверждается результатами линеаментного анализа, и согласуется с замерах тектонической трещиноватости в обнажениях (см. рис.9.1.2.-4.) и, по-видимому, полностью определяется новейшей блоковой структурой территории, что предопределяет соответствующую анизотропию



Таблица 9.1.2.-1. Расчётные эмпирические формулы

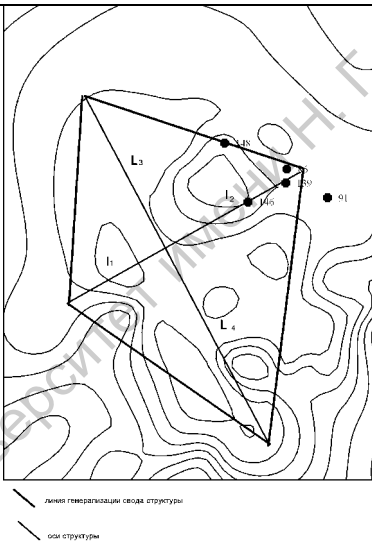
$x=L_1H/l_1;$ (1)	$tg\beta=y_2/z;$ (7)		
$z=L_1H/l_2;$ (2)	$a=R+\alpha;$ (8)		
$y_1=L_2H/L_3;$ (3)	$b=R-\beta;$ (9)		
$y_2=L_2H/L_4;$ (4)	$\alpha+\beta=Q;$ (10)		
$x+z=r;$ (5)	$n_1=y_2/\sin\alpha;$ 11		
$tg\alpha=y_2/x;$ (6)	$n_2=y_2/\sin\beta;$ 12		
			$l_1=875м.*$ $l_2=1125м.*$ $L_1=2000м.*$ $L_3=1125м.*$ $L_4=1500м.*$ $L_2=2625м.*$ $H=20м.*$ $R^0=290^0*$ * - данные сняты со схемы м-ба 1:25 000
		Рис.9.1.2.-3. Расчётная структура	

Таблица 9.1.2.-2. Расчёт основных параметров поля трещиноватости.

$X=45,7$ (1)	$tg\beta=0,98$ (7)
$z=35,5$ (2)	$\beta=49,5^0$
$y_1=46,7$ (3)	$a=340,7^0$ (8)
$y_2=35$ (4)	$b=240,5^0$ (9)
$x+z=$ (5)	$\alpha+\beta=100,2^0$ (10)
$tg\alpha=1,02$ (6)	$n_1=121,4$ (11)
$\alpha=50,7^0$	$n_2=49,5$ (12)

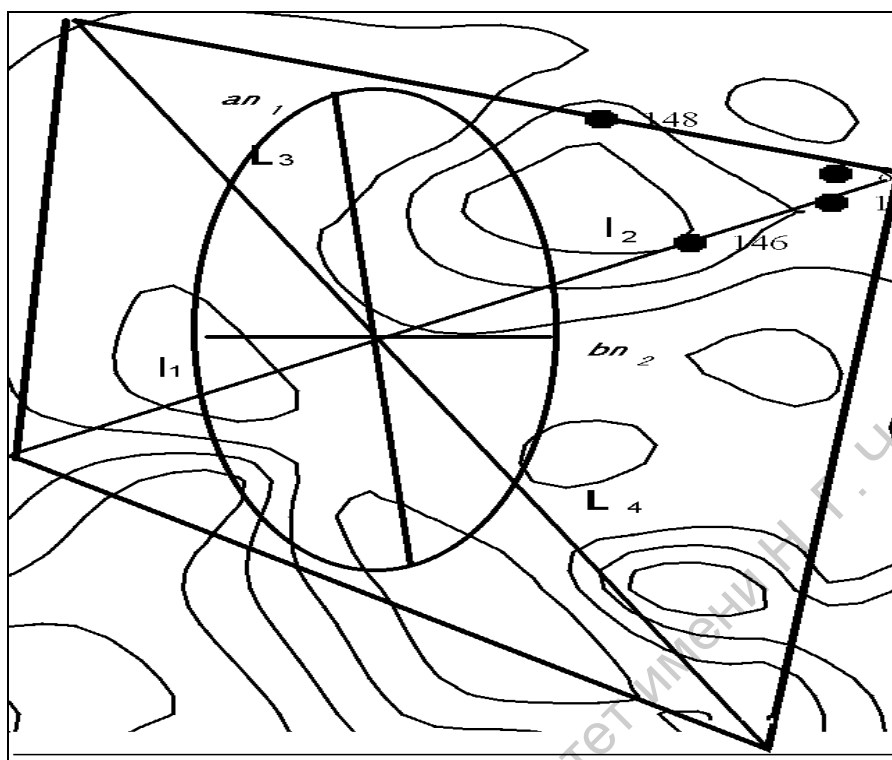


Рис. 9.1.2.-4. Схема основных расколов.

фильтрационных свойств массива горных пород, контролируя формирование ореола распространения закачиваемых промстоков [20, 280].

### 9.1.3. Оценка совместимости СВ с пластовыми водами и породами.

Оценка совместимости основывается на проведении расчетов методом математического моделирования физико-химических процессов на ЭВМ ПК «Селектор», выполненных в лаборатории физико-химического моделирования (Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск). Результаты моделирования приводятся в графической форме, позволяя наглядно оценить направленность гидрогеохимических процессов (см. рис. 9.1.3.-1; 9.1.3.-2; 9.1.3.-3; 9.1.3.-4).

Эксплуатация глубокопогруженных горизонтов в рассматриваемых целях

должна быть рассчитана на продолжительное время и предусматривать независимо от режима закачки (постоянного или периодического) заполнение фильтрующего пространства пород СВ и оттеснение пластовой воды по пласту. При этом формируются гидрогеохимические системы: «СВ - пластовая вода», «СВ - пластовая вода - порода», «СВ - порода», в которых протекают физико-химические процессы между жидкой и твердой фазами (растворение и выщелачивание, окислительно-восстановительные реакции, катионный обмен, сорбция, десорбция и т.д.). Все это ведет к изменению фильтрационно-емкостных свойств пород: растворение и выщелачивание способствуют их улучшению, осадкообразование - ухудшению, влияние ионного обмена зависит от состава сточных вод, пластовой воды и поглощенных катионов породы.

Основными источниками кольтмации являются: механические примеси, присутствующие в СВ, а также образующиеся в результате нестабильности поступления СВ в пласт; твердые и жидкие продукты взаимодействия системы «СВ - пластовая вода - порода», кольтмация пород газами, органическими жидкостями, набухаемость.

Условием полного отсутствия кольтмации является химическая и физико-химическая совместимость СВ с пластовой средой. В пластовых условиях, процессы, происходящие в результате смешения, могут отличаться от лабораторных, поэтому и проведено моделирование процессов для реальных условий с использованием ПК «Селектор-С».

При отсутствии совместимости продукты разнообразных реакций могут накапливаться и приводить к кольтмации порового пространства пласта-коллектора. Последствия кольтмации наиболее быстро проявляются в призабойной зоне пласта, причем радиус влияния зависит от ряда факторов, скорости и объема, поступающих СВ, объема продуктов, выделяющихся в твердой фазе, кинетики их выделения, пористости и т.д. Требования к составу СВ в системе «СВ - пластовая вода - порода» должны выполняться в течение всего периода закачки [106].

Процессы взаимодействия закачиваемых СВ с пластом-коллектором зависят от термобарических условий в пласте, литологической характеристики, минералогического состава, фильтрационно-емкостных свойств, обменных катионов и величины емкости поглощения породы, слагающей пласт.

Для последовательного заполнения пор пласта предпочтительно равномерное распространение СВ, по всему сечению поверхности фильтрации. Одним из условий, способствующих этому, является наличие в СВ минимального количества взвесей (для пористых сред не более 20-30 мг/дм<sup>3</sup>) при размере частиц в 4-6 раз меньше размера пор. [106].

Для беспрепятственного заполнения пластов СВ размеры частиц взвесей не должны превышать 1,6 мкм. При величине частиц 1,6-10 мкм фильтрация будет сопровождаться частичной потерей приемистости, при более крупных частицах возможно образование кольматирующего слоя. В зонах замедленного движения сточных вод нестабильные компоненты: железо и др. тяжелые металлы, в зависимости от условий в пласте могут осаждаться в виде комплексных соединений.

Карбонатные породы растворяются в воде, содержащей СО<sub>2</sub>. При этом наблюдается повышение концентрации НСО<sub>3</sub>, Са, Mg. Разгазирование воды и повышение величины рН приводит к выпадению в осадок карбонатов Са, Mg, Sr, при этом концентрация соответствующих ионов в воде снижается.

При определении состава пластовой воды выполнены химические анализы (см. табл. 9.1.3.-1.), проведёны расчеты солевой формы состава, химический тип воды (см. табл. 9.1.3.-2). Для получения физико-химической характеристики СВ лабораторией Соколовогорского ЦДНГ выполнен их анализ (см. табл. 9.1.3.-3.).

Основными показателями качества закачиваемых СВ, для обоснования целесообразности обезвреживания их в поверхностных условиях в экологическом и экономическом аспектах, являются соответствие ОСТ 39-225:

- содержание механических примесей не > 300 мг/дм<sup>3</sup>; содержание нефтепродуктов не выше 150 мг/дм<sup>3</sup>;

- содержание сероводорода не  $> 15$  мг/дм<sup>3</sup>;
- содержание окисного железа не  $> 3$  мг/дм<sup>3</sup>;
- не агрессивность сточных вод. При коррозионной активности сточных вод  $> 0,2$  мм/год необходимо предусмотреть мероприятия по антикоррозионной защите трубопроводов и оборудования;
- содержание растворенного кислорода не  $> 0,5$  мг/дм<sup>3</sup>; набухаемость глин в СВ не должна превышать ее значения в пластовой воде;
- совместимость СВ с пластовой водой и породой.

Воды, содержащиеся в исследуемом интервале, хлоркальциевые, рН $\approx$ 6, относятся к III типу (классификация Пальмера), удельный вес - 1,11-1,13.

На основании произведённых анализов можно сделать заключение о кондиционности для закачки СВ по содержанию механических примесей и нефтепродуктов. С помощью математического моделирования рассчитан состав основных комплексных соединений в составе воды, приведены исследуемые характеристики состава воды к пластовым условиям.

Наблюдается незначительное изменение химического состава попутных вод в результате нарушения равновесий при поступлении флюида на земную поверхность. По основным осадкообразователям (CaCO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>) пластовые и СВ являются совместимыми. В результате их образования снижение фильтрационной характеристики пласта, как показывают результаты моделирования, не должны превысить 20 %.

Недостаточно данных для вывода об агрессивности СВ, но высокие показатели окисляемости позволяют предполагать их коррозионную активность. Содержание железа, также выше регламентируемого.

Одним из следствием закачки СВ является взаимодействие сульфатов вод с органическими компонентами, в результате чего происходят восстановление сульфатов до сероводорода и окисление углеводородов до диоксида углерода по реакциям:







При этом легкие парафиновые углеводороды окисляются до диоксида углерода и воды, тяжелые, начиная с  $C_{10}H_{22}$ , превращаются в полинафтены. Во всех случаях происходит потеря легких фракций нефти, удаление сульфатов из воды, обогащение жидкой фазы  $H_2S$  и  $CO_2$ , которые снижают ее pH, что и фиксируется аналитическим материалом.

Факторами, влияющими на процесс сульфат редукции, являются  $t < 80^{\circ}C$  и уменьшение минерализации закачиваемых вод, что характерно при подъеме пластовых вод на поверхность. В связи с этим следует проводить температурный контроль СВ перед закачкой, а также проверять их на присутствие ионов сульфидов. Образование ионов сульфидов из имеющихся в СВ сульфатов, образования  $H_2S$  и  $CO_2$  в результате сульфат редукции может привести к локальному развитию процессов биокоррозии наземного и подземного оборудования нагнетательной скважины. [106].

Поскольку, на забое скважин, за счет перепада давлений, происходит интенсивное осаждение частиц, в пространстве пор активизируется деятельность сульфатовосстанавливающих бактерий. Сероводородное заражение пласта - одно из основных последствий процесса сульфат редукции;  $H_2S$  - индикатор его протекания, он реагирует с металлом труб, соединяясь с растворенным в воде Fe и образующийся  $FeS_2$ , кольматирует призабойную зону.

Как видно из анализа СВ, генерируемых при сепарации нефти, которые накапливаются на сборном пункте, экологически не представляют серьезной угрозы при взаимодействии с коллекторами (карбонатные, алюмосиликатные) и теми водами, которые в них присутствуют. Хотя содержание солей высокое, СВ характеризуются значением pH близким к нейтральным.

Анализы имеют некоторый разброс, но улавливается определенная тенденция незначительного роста pH от анализа **1** к анализу **8**. Трудно сказать, вызвано ли это временем отбора проб или другой причиной. По крайней мере, тенденция вполне очевидна (показана на рисунке пунктирными линиями). Наблюдается четкая зависимость между значениями  $-\log P(CO_2)$ , pH и количеством выпадающих из растворов карбонатов.

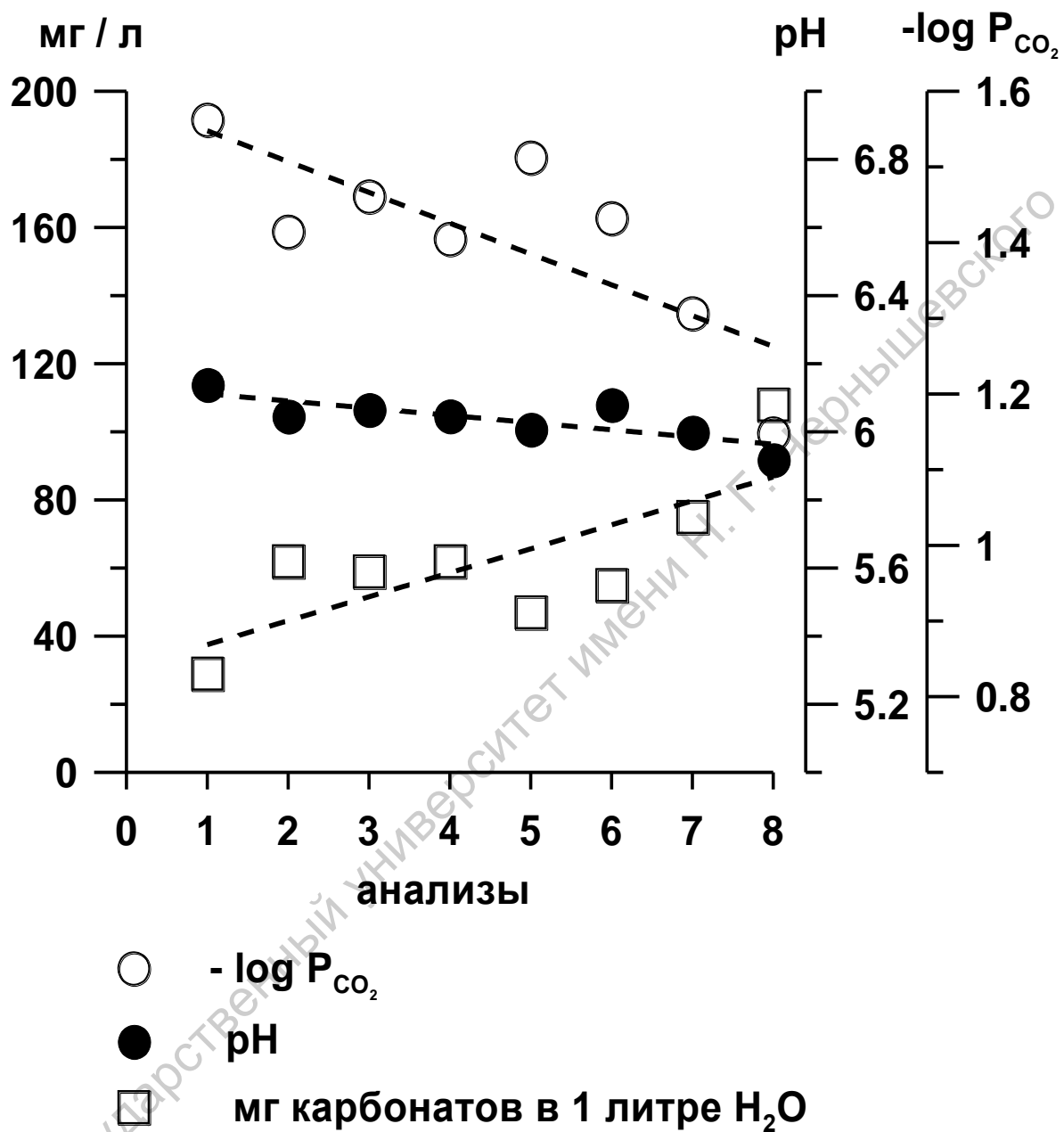


Рис.9.1.3.-1. показывает характер изменения pH,  $-\log P(CO_2)$  и количества выпадающих карбонатов в мг на 1 л воды.

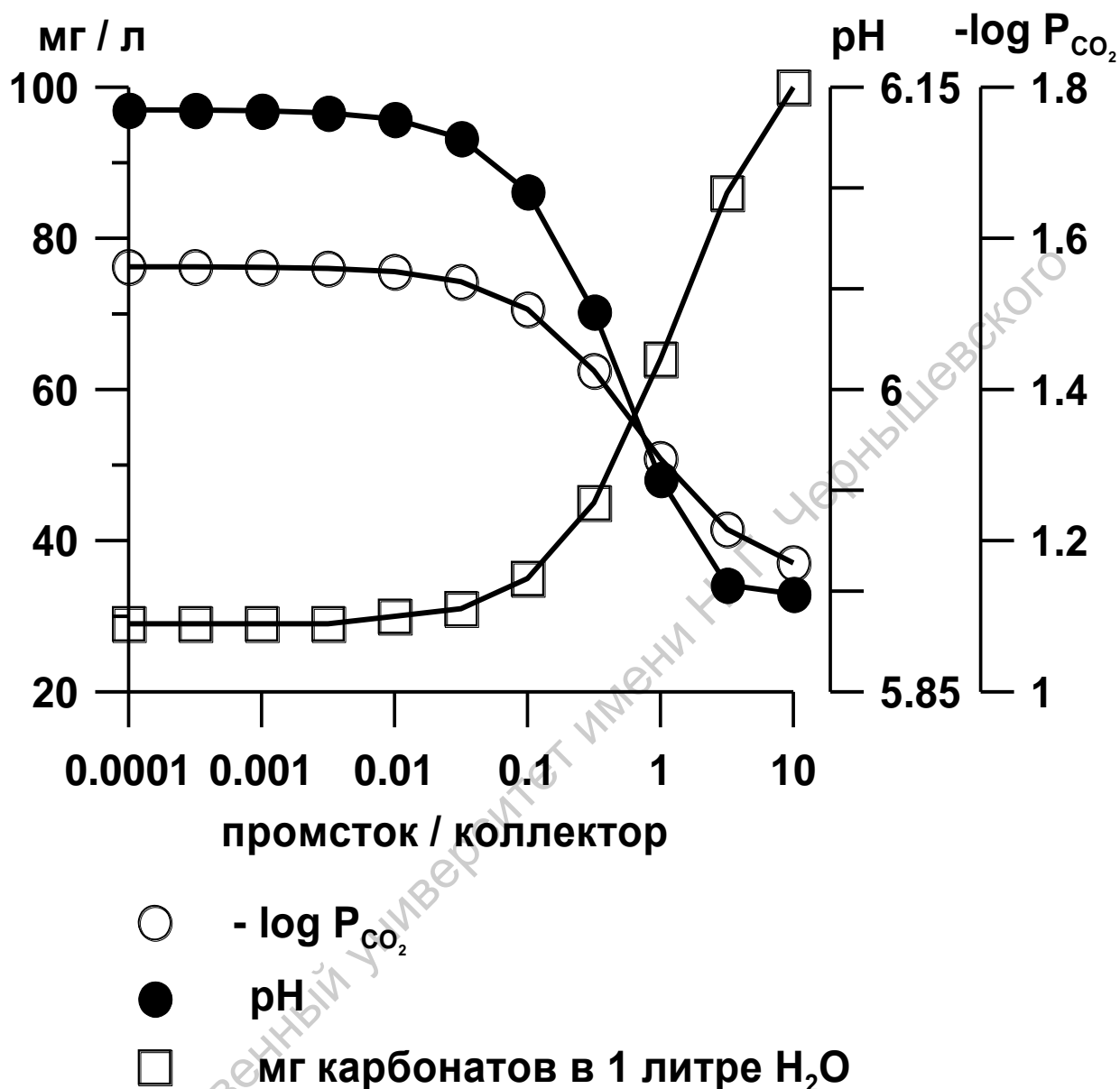


Рис.9.1.3.-2. Взаимодействие промстока с водами коллектора.

График иллюстрирует изменения водных растворов смешения СВ (анализ 8) с водами коллектора (анализ 1). Этот график наглядно показывает, что при увеличении отношения промстока к водам коллектора уменьшается значение pH,  $-\log P(\text{CO}_2)$  и соответственно увеличивается количество карбонатов, выпадающих из раствора. Хотя интервал изменения pH не велик, тем не менее, тенденция вполне определенная.

## Взаимодействие промышленных вод с карбонатными породами

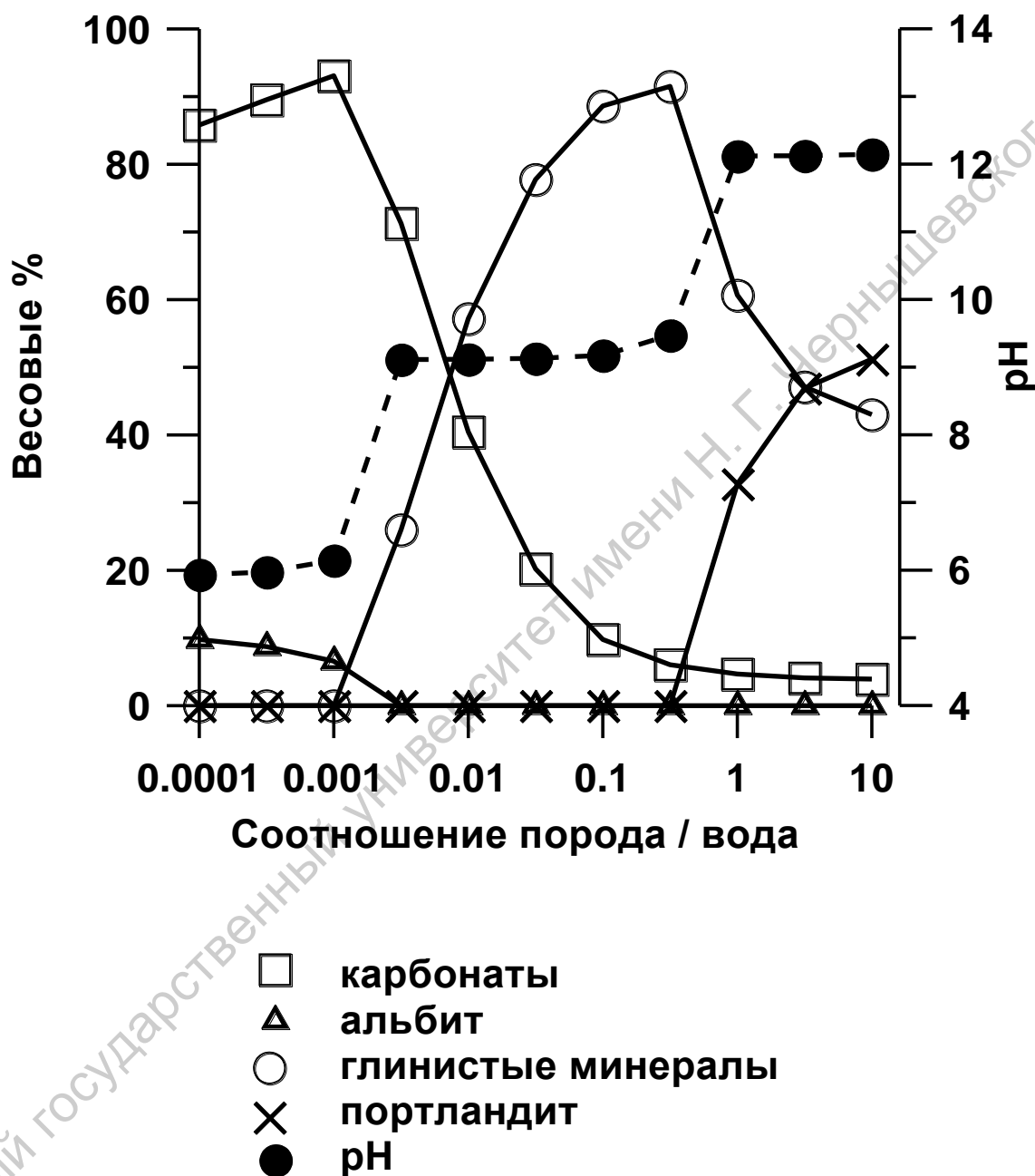


Рис. 9.1.3.-3. Взаимодействие СВ с карбонатными породами.

На графике прослеживается возможное изменение состава, выпадающих из раствора минералов при взаимодействии промышленных вод с карбонатными породами в зависимости от соотношения порода/вода. Хотя в природных условиях взаимодействие порода/вода не превышает значения 0.1-0.5. График дает наглядное представление, каким образом будет изменяться pH раствора и какие минералы могут выпадать из провзаимодействовавших вод.

## Взаимодействие промышленных вод с алюмосиликатными (алевролитопесчаными с глиной) породами

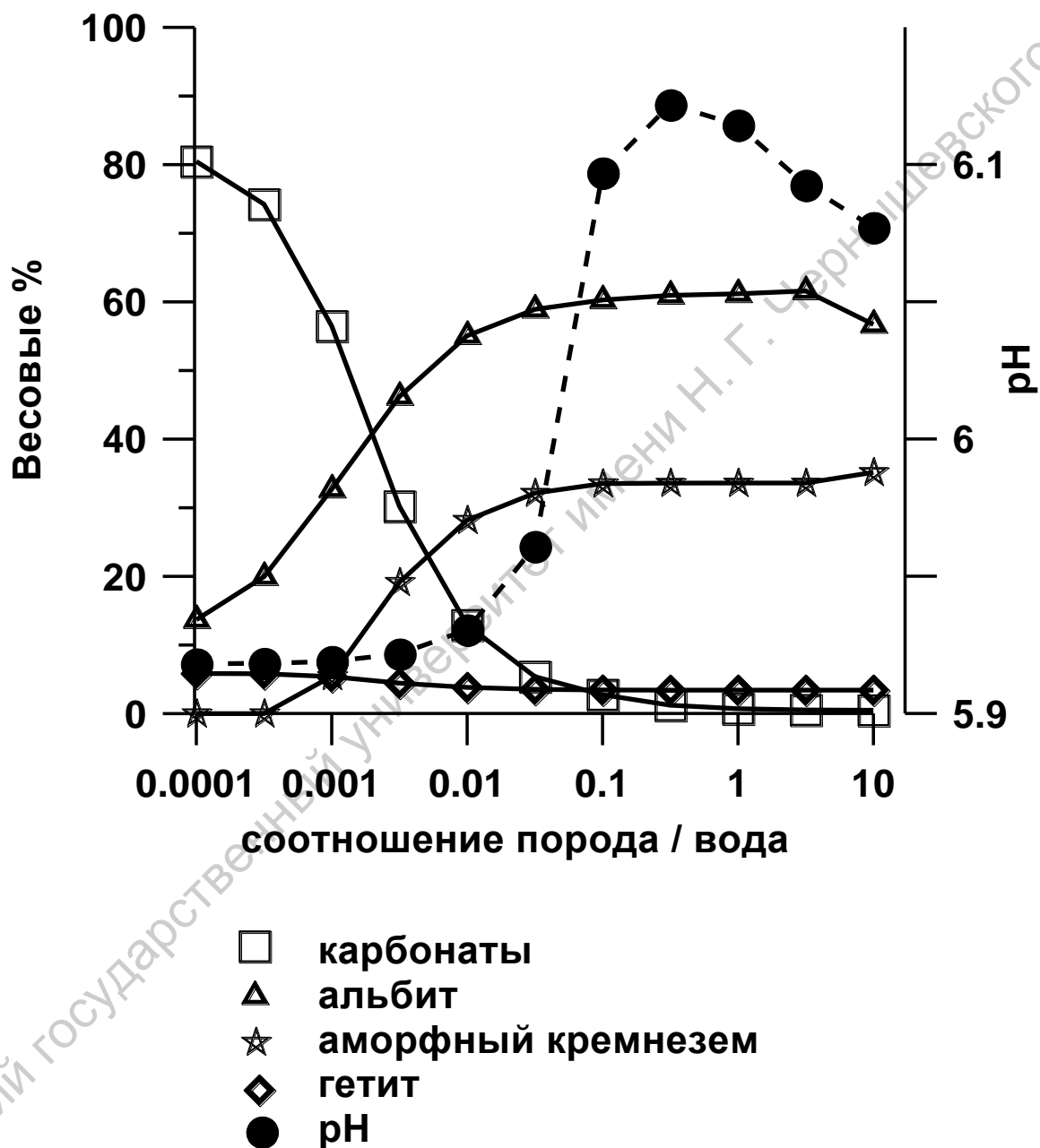


Рис.9.1.3.-4. Взаимодействие промышленных вод с алюмосиликатными (алевролитопесчаными с глиной) породами.

Этот график даёт представление о возможных изменениях состава вод и тех минералах, которые могут выпадать из водных растворов при взаимодействии СВ с алюмосиликатными породами. Интересно отметить, что в последних изменение значения рН происходит в очень узких пределах. Можно сказать, что СВ является термодинамически нейтральным по отношению к ним в независимости от соотношения порода - вода. Безусловно, чтобы уточнить этот вывод, в дальнейшем необходимо отобрать пробы на более полный химический анализ, имея в виду примесные элементы. Кроме того, желательно было бы сделать хотя бы один анализ на содержание органических кислот. Его необходимо делать сразу после сепарации, поскольку органические кислоты быстро разрушаются, и их содержание становится пренебрежительно мало.

Таковы результаты обработки полученной информации, Однако, очевидно, что некоторые уточнения вряд ли внесут принципиальные изменения в вывод о нейтральном и экологически безопасном с физико-химических позиций свойствах СВ.

#### 9.1.4. Выбор поглощающих горизонтов для захоронения СВ.

На территории Соколовогорского месторождения под сброс СВ оборудовано пять действующих скважин: 86, 91, 139, 146, 148, которые расположены в его центральной части (рис. 9.1.7.-6.).

Анализ данных геофизических исследований скважин, литолого-стратиграфических исследований, их сопоставление с интервалами перфораций в скважинах, показывают, что рабочий резервуар (карбонатные породы) охватывает два стратиграфических горизонта – евлано-ливенский и задонско-елецкий принявших на себя основную нагрузку по ПЗС. Данково-лебединский горизонт, вскрытый перфорацией в интервале 1325 – 1313м (12м) в скв. 86 учитывался при гидродинамическом моделировании процесса закачки.

Анализ литолого-фациальных особенности отложений верхнефранско-фаменского возраста свидетельствуют о том, что разрез осложнен различной

степенью проявления и разнонаправленностью вторичных преобразований пород и неотектонических движений, что и привело к преобладанию в нём сложно построенных коллекторов порово-трещинного и каверно-порово-трещинного типа [138, 150, 238].

#### 9.1.5. Промыслово-геофизическая характеристика карбонатного резервуара.

Данные петрофизических исследований кернового материала носят обобщённый характер, поскольку выборка, используемая для анализа, смешанная. Были задействованы результаты анализа из различных сечений исследуемых горизонтов и из различных скважин [123, 170].

Данными ГИС охарактеризовано значительно больше пересечений с горизонтами, используемых под закачку СВ. Поэтому, геофизические методы определения количественных значений коэффициентов пористости, глинистости, доломитизации, эффективной мощности и других, характеризующих ёмкостно-фильтрационные и литологические особенности резервуара под ПЗС, имеют преимущество. Методы комплекса ГИС включают: стандартный каротаж, естественную и наведённую радиоактивность (ГК, НГК), акустический каротаж (АК), потенциал собственной поляризации (ПС).

Однако, скважины в которые производится сброс СВ были пробурены до 70-х годов и не имеют по разрезу верхнефранско-фаменского возраста минимально необходимого комплекса ГИС для количественной оценки ёмкостных свойств. Прямыми признаками хороших фильтрационно-ёмкостных свойств в разрезе карбонатных отложений, являются определения приемистости перфорированных интервалов скважин, после проводимых с периодичностью 1,5–2,0 года соляно кислотных обработок. При этом приемистость по каждой скважине составляет 720 – 1028 м<sup>3</sup>/сут при P=20–30 атм. Таким образом, можно говорить об обеспечении прогнозируемого в количестве 2000м<sup>3</sup>/сут объёма сброса СВ двумя скважинами из 5 действующих.

Количественная оценка ёмкостно-фильтрационных свойств резервуара в

виде непрерывных по разрезу диаграмм, необходима при выполнении гидродинамического моделирования с решением прогнозных задач по оценке эксплуатационной ёмкости карбонатного резервуара. Поэтому для анализа был выбран ряд скважин (178 - 200) с полным комплексом ГИС исследуемого резервуара, а затем выполнена компьютерная обработка и интерпретация геофизических данных [238].

#### 9.1.6. Компьютерная обработка и интерпретация данных ГИС.

Граф обработки и интерпретации данных ГИС в исследуемом интервале содержит перечень процедур, выполняемых для получения искомых параметров и качественных характеристик. Процедуры обработки реализованы с помощью программно-обеспеченной технологии (ПК«Подсчёт», ВНИИ Геоинформсистем) с учётом основных требований различных методических руководств и инструкций по определению подсчётных параметров геофизическими методами [151], в том числе с учётом «Методического руководства.....», применяемого в практической деятельности ЗАО «Геофизсервис» ОАО «Саратовнефтегаз» [182, 300].

Предметное "меню" графа компьютерной обработки и интерпретации, включало в себя:

- Определение коэффициента глинистости по данным ГК
- Определение коэффициента кажущейся пористости по данным АК
- Определение коэффициента кажущейся пористости по данным нейтронного каротажа (НГК)
  - Литологическое расчленение разреза
  - Выделение коллекторов

На планшете по скв. 190, приведённом на рис. 9.1.6.-1. показаны исходные каротажные диаграммы и результаты их интерпретации с использованием универсального графа [182, 300]. Анализ характера каротажных диаграмм позволяет судить о его неоднородности.



Карбонатные отложения евлано-ливенского и задонско-елецкого горизонтов по данным ГИС характеризуются низким значением гамма активности, а средние значения НГК - 1.8 – 2.2 у.е. против 3.5- 4.2 у.е (воронежский горизонт) говорят о присутствии в разрезе менее плотных разностей карбонатных отложений (см. рис. 9.1.6.-1). На диаграммах по соотношению величины пористости, полученной по АК ( $\Delta T$ ) и НГК устанавливается преобладание в разрезе трещинных ( $K_p \Delta T > K_p \text{НГК}$ ) или каверновых ( $K_p \Delta T < K_p \text{НГК}$ ) коллекторов. Из соотношения представленных на рисунке диаграмм выделяются зоны развития с каверновой составляющей пористости (инт. 1418- 1442м), с трещинной составляющей пористости (инт. 1350 – 1370м), с межзерновой поровой матрицей (инт. 1470- 1480м).

Выше залегают данково-лебединские карбонаты, которые характеризуются более плотными разностями известняков, с небольшими (до 2м) прослоями глинистых известняков (глин 20%), доломиты встречаются в виде прослоев. В разрезе преобладает каверновая составляющая пористости. Отложения заволжского надгоризонта отделены от данково-лебединских 5-10-ти метровым глинистым прослоем, залегающим в его основании (рис. 9.1.-1). Небольшая толщина пределов рассматриваемой площади не позволяет считать глинистый прослой надёжным водоупором, поэтому была получена геофизическая характеристика и по разрезу заволжского надгоризонта. Данный горизонт не был вскрыт перфорацией ни одной из скважин, через которые осуществляется сброс СВ, поэтому он может рассматриваться как буферный, хотя коллекторские свойства низкие ( $K_p - 5-6\%$ ).

Верхняя граница девонского карбонатного резервуара фиксируется на каротажных кривых и обусловлена появлением в разрезе глинистых и глинисто-карбонатных отложений малевского горизонта (35-40м), который может служить первым водоупором для сбрасываемых СВ.

Таким образом, материалы ГИС позволяют получить количественную оценку петрофизических и литологических параметров изучаемого разреза в виде непрерывных кривых необходимых для создания геологической и

гидродинамической моделей резервуара. Следовательно, выбранные горизонты карбонатного резервуара являются благоприятными (наличие в разрезе проницаемых пластов, а сам резервуар защищён экранирующей толщей глинистых и карбонатно-глинистых пород упинского горизонта  $C_1$ ).

#### 9.1.7. Геологическая модель карбонатного резервуара.

Модель была выполнена с использованием ряда модулей ПК **IRAP RMS** компании **ROXAR**:  $RMS^{Base}$ ,  $RMS^{Geoform}$ ,  $RMS^{Geomod}$  [227].

Цифровая трёхмерная геологическая модель является представлением исследуемых объектов и вмещающей их геологической среды в виде набора двумерных цифровых поверхностей или трехмерных сеток ячеек с заданными в узлах параметрами, характеризующими:

- трёхмерные поля развития пород-коллекторов и не коллекторов;
- трёхмерные поля распространения палеофациальных комплексов, горных пород, объединенных в классы по коллекторским свойствам и геолого-промысловым характеристикам;
- двумерные поверхности стратиграфических границ продуктивных пластов (седиментационных циклов);
- двумерные поверхности тектонических нарушений;
- идентификаторы объектов (пластов, фациальных комплексов, фаций и т.д.);
- трёхмерные сетки петрофизических (коллекторских) свойств;
- трёхмерные поля насыщенности флюидами пород пластов;
- пространственные координаты скважин (устья, пластопересечения).

Основными поглощающими горизонтами являются евлано-ливенский, задонско-елецкий и данково-лебединский. Заволжский надгоризонт, хоть и не вскрыт перфорацией, но ни в одной из сбросовых скважин не имеет надёжного непроницаемого экрана от нижележащих поглощающих горизонтов. Поэтому он был включён в цифровую геологическую модель, а на последующем этапе и

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

в гидродинамическую модель для проведения в случае необходимости дополнительных расчётов (например, для оценки резервной эксплуатационной ёмкости на случай аварии, увеличения объёмов сброса и т.д.)

Для построения структурных поверхностей горизонтов, слагающих карбонатный резервуар, на стадии геометризации геологического объекта были внесены в программный комплекс и увязаны по глубине результаты корреляции данных ГИС с использованием соответствующих стратиграфических разбивок по скважинам и их координаты.

Построены несколько структурных карт по кровле и подошве основного резервуара, его карта толщин и геологический профиль по нескольким линиям в интервале залегания всего резервуара ПЗС с интервалами перфорации.

Стадии построения полей коллекторских свойств предшествовала обработка каротажных кривых, поиск зависимости между петрофизическими параметрами (см. рис. 9.1.6.-1.).

При построении моделей ёмкостно-фильтрационных свойств резервуаров, как правило, имеем дело с небольшим количеством определений петрофизических параметров. Кроме того, эти определения, включая и обработку ГИС, сосредоточены в точках скважин. Явный дефицит петрофизических данных по верхнефранско-фаменскому резервуару, вызывает необходимость применения методов стохастического моделирования для описания трёхмерных распределений его петрофизических свойств.

Основой для петрофизического стохастического моделирования являются скважинные данные, которые преобразуются с использованием задаваемых трансформаций к нормальному закону распределению для корректной работы алгоритмов стохастического распределения. Затем осуществляется построение вариограммы по скважинным данным в точках с соответствующими значениями, характеризующими анизотропию коллекторских свойств исследуемой толщи. При наличии коррелирующихся между собой петрофизических параметров (пористость-проницаемость) создаётся корреляционная матрица, позволяющая получить трёхмерные поля

петрофизических свойств.

Статистический анализ величины коэффициента пористости по данным диаграмм ГИС, полученных в результате обработки и интерпретации по каждому из горизонтов, слагающих в целом резервуар, показал их различие. Для учёта этого фактора при моделировании задание трендов и трансформаций проводилось по каждому горизонту отдельно.

Для проведения геологического моделирования внутренний объём карбонатного резервуара разбивается на ячейки, совокупность которых представляет собой 3Д сетку, по которой и осуществляется моделирование. При задании модели вариограммы учитывался тензор трещиноватости, обоснованный в разделе 9.1.2., т.е. направления вариограммы и тензора совпадают. В процессе расчёта вариограммы анизотропный эллипсоид перемещается от ячейки к ячейке, определяя пространственную изменчивость петрофизических параметров и присваивая значения каждой ячейке. На рис. 9.1.7.- 4. показаны результаты стохастического петрофизического моделирования Кр с учётом пространственной анизотропии.

Цифровая трёхмерная геологическая модель верхнефранско-фаменского карбонатного резервуара под захоронение СВ приведена на рис. 9.1.7.-5.

#### 9.1.7.1. Гидродинамическая модель карбонатного резервуара.

Гидродинамическое моделирование по оценке эксплуатационной ёмкости объекта закачки и обоснованию контура растекания промысловых сточных вод было выполнено использованием модуля **RMS<sup>Stream</sup>**. Модуль **RMS<sup>Stream</sup>** это однофазный трёхмерный гидродинамический симулятор, интегрированный в ПК **IRAP RMS** компании **ROXAR**.

Модуль **RMS<sup>Stream</sup>** специально разработан в помощь геологам и разработчикам месторождений для изучения и уточнения строения месторождения путём быстрой и ранней динамической оценки моделей перед выполнением полномасштабных и многофазных гидродинамических

исследований [227]. Наиболее часто данный модуль используется для решения следующих задач:

- выбор оптимального размещения скважин на основе «соединённых» и дренируемых объёмов и особенностей движения флюидов в пласте;
- анализ продвижения фронта закачки
- и другие.

Надёжность программного обеспечения подтверждена предварительным опробованием тестов SPE [Общество инженеров нефтяников].

При гидродинамических расчётах исследуемого карбонатного резервуара параметры гидродинамической и геологической трёхмерных сеток идентичны, поскольку общее количество ячеек позволяет выполнить расчёты в короткое время. Поэтому пересчёта геологической сетки в гидрогеологическую не проводилось. В целом карбонатный резервуар под сброс промышленных вод месторождения УВ разделён на 248 слоёв, из которых 1 – 45 слой относится к заволжскому надгоризонту, 46 – 117 к данково-лебедянскому, 118 – 189 к задонско-елецкому, 190 – 248 к евлано-ливенскому.

Физические параметры и свойства воды, задаваемые при расчётах в модуле  $RMS^{Stream}$ :

- пластовое давление 140 атм.;
- давление нагнетания 45 атм.;
- объём закаченной воды на 1.08.2003г - 10 312 280 м<sup>3</sup>;
- пластовая температура = 35° С;
- сжимаемость воды при T° 40 = 4.8\*10<sup>-5</sup>1/бар ;
- плотность воды = 1,14 г/ см<sup>3</sup>;
- вязкость (сантипуаз) – при T° 35 = 0,653

Поскольку в гидродинамическом отношении поглощающие горизонты верхнефранско - фаменского возраста залегают в зоне затруднённого водообмена, характеризующуюся низкими скоростями движения подземных вод, то в расчётах выполненных в рамках проекта они не учитывались.

Закачка СВ в процессе гидродинамического моделирования

С. 23-24303

Рис. 9.1.7.-4.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24304

Рис. 9.1.7.-5.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского



осуществлялась в перфорированные интервалы. Поскольку достоверная история закачки СВ до 1.08.2003 г отсутствует, то закачка объёма воды в рамках модели была осуществлена равномерно через все скважины, пропорционально времени их ввода в действие, с учётом одновременной работы двух скважин (суммарный объём 831 м<sup>3</sup>/сут).

На рис. 9.1.7.-6. показана динамика движения сбрасываемой воды в рабочем резервуаре и характер распространения прогнозируемого дренируемого объёма в разрезе рабочего и буферного горизонтов.

#### 9.1.7.2. Расчёт контура растекания СВ.

Прогнозный расчёт контура растекания в пределах исследуемого интервала был выполнен на период 20 лет. Суточный объём СВ при расчётах составлял 2000 м<sup>3</sup>/сут, их объём распределялся в условиях одновременной работы трёх скважин с периодическим капремонтом и подключением двух других из 5-ти действующих. Периодичность смен скважин обусловлена необходимостью соляно кислотных обработок. Поскольку сбросовые скважины расположены практически по круговой системе на близком расстоянии друг от друга, а в этом случае процесс закачки может быть представлен «большим колодцем», то выбор «парности» скважин в процессе моделирования поглощения не имеет существенной роли.

Результаты прогнозных расчётов контура растекания СВ на различные даты приведены на рис. 9.1.7.-7., который может служить основой при оформлении горного отвода под ППЗ СВ. Он имеет форму эллипса, с северо-западной ориентировкой, в соответствии с тензором неотектонической трещиноватости. Площадь контура растекания на 1.08.2003г составляет 2,43км<sup>2</sup>, на 1.08.2023г -3,76км<sup>2</sup>.

С. 23-24306

Рис. 9.1.7.-6. динамика движения вод (цвет).

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24307

Рис. 9.1.7.-7. Схема расположения скважин нагнетательных и наблюдательных и результаты прогнозных расчётов контура растекания СВ

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

9.2. ППЗП Лимано-Грачевского, Гусельского месторождений УВ и на базе ЦПТНГ «Смородинка».

В связи с однотипностью выполненных исследований на четырёх объектах (см. 9.1, их расположение показано на рис.1), в данном разделе приведём только основные выводы по трём из них.

Рассмотрен комплекс вопросов, отражающий выбор поглощающих горизонтов, физико-литологические и промыслово-геофизические характеристики, геологические и гидродинамические модели карбонатных резервуаров под захоронение СВ.

Физико-химическое моделирование показало, что СВ экологически не представляют какой-либо серьезной угрозы при их взаимодействии с породами коллекторов и с пластовыми водами.

Рассмотрена гипотетическая ситуация возможного перетока СВ из рабочего верхнефранско-фаменского резервуара вверх по разрезу. Рассмотренный вариант перетока СВ показывает наличие большого задела (наличие резервных резервуаров, превышающих в 3 раза объем СВ, дополнительный флюидоупор) для целей глубинного захоронения СВ.

Поскольку, например, Гусельское месторождение приурочено к зоне повышенной неотектонической активности, была проработана ситуация перевода захоронения СВ в близлежащие скважины на Трофимовской структуре.

Это необходимо предпринять только в том случае, если вертикальная миграция СВ, сбрасываемых в верхнефранско-фаменский карбонатный резервуар, через предполагаемые “гидрогеологические окна” будет подтверждена гидрогеохимическим контролем в наблюдательных скважинах 26, 30. [239].

На ППЗП Лимано-Грачёвского месторождения УВ. также рассмотрен весь комплекс вопросов, отражающий выбор поглощающих горизонтов, физико-литологическую и промыслово-геофизическую характеристики,

геологическую и гидродинамическую модели карбонатного резервуара под захоронение СВ.

Физико-химическое моделирование показало, что стоки экологически не представляют какой-либо серьезной угрозы при взаимодействии с породами коллекторов и с пластовыми водами.

Анализ результатов гидродинамического моделирования показал, что прикамско-черемшанские карбонатные отложения в интервале перфорации в скважине Северо-Лиманская 7 характеризуются недостаточно высокой поглощающей способностью. Так как запланированный объем закачки СВ должен составлять 4000 м<sup>3</sup>/сут, необходимо использовать в качестве нагнетательных еще 3 скважины, что вследствие их удаленности от скважины 7 приведет к появлению на территории этого месторождения еще одной локальной зоны распространения сбрасываемых вод. Поэтому предлагается прекращение сброса СВ в скважину №7.

В последующий двадцатилетний период закачка СВ на Лимано-Грачевском месторождения будет проводиться в 5 скважин: Северо-Лиманские 15, 33, 36 и Грачевские 62, 83. Площадь контура растекания СВ составит 3.59 км<sup>2</sup>, в том числе по Лиманскому участку - 1.99 км<sup>2</sup>, по Грачевскому участку - 1.6 км<sup>2</sup>. [240]. Близкие результаты получены и на ППЗП на базе ЦПТНГ «Смородинка». [241].

## **Часть IV. ГАЛОГЕННЫЕ ПОРОДЫ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ППЗ ТВЁРДЫХ ОТХОДОВ.**

По Указу Президента Российской Федерации (24.03. 1995г) № 314 «О подготовке Российской Федерации к выполнению международных обязательств в области химического разоружения» и Постановления Правительства РФ (30.12.1994г) «Об организации работ по созданию объекта уничтожения запасов отравляющих веществ, хранящихся на территории Саратовской области» (см. разд. 1.3.) и в РФ началась их реализации [18].

### **Глава 10. ЗАХОРОНЕНИЕ ПРОДУКТОВ УХО В ГАЛОГЕННЫХ ФОРМАЦИЯХ.**

Как известно, галогенные формации давно используются в качестве среды, в которой создавались и создаются искусственные ёмкости для хранения продуктов производственной деятельности человека<sup>1, 2</sup>.

Критериям выбора участков благоприятных для этих целей посвящены многочисленные научные публикации [см. Введение]. Исследователей придерживаются точки зрения соответствия галогенных формаций поставленным задачам: надёжная изоляция захораниваемых веществ, практическим отсутствием водоносных горизонтов, многокилометровыми толщинами, широким распространением и благоприятными физико-механическими свойствами.

Однако существуют представления и о том, что соляные купола, к которым обычно приурочены многочисленные тектонические нарушения, а также прилегающие к ним участки в Прикаспийском артезианском бассейне, непригодны для захоронения. В качестве перспективных для этих целей могут рассматриваться только межкупольные пространства [105, с. 51].

---

аратов, 2002. - 72 с.

1 Мазуров В. А. Подземные газонефтехранилища в отложениях каменной соли. - М.: Недра, 1982. -212 с.  
Недра, 1982. -212 с.

2 Гаев А.Я., Щугорев В.Д. и др. Подземные резервуары. - Л.: Недра, 1986. -223 с.

К тому же, учитывая, что предлагается использовать соляные купола для захоронения продуктов УХО, требования к безопасности их размещения, должны быть высокими. Гарантированные сроки, в течение которых эти отходы не попадут в биосферу, должны превышать миллионы лет.

В октябре 1989 г на симпозиуме в Париже был высказан прогноз возможного выхода радионуклидов из захоронения радиоактивных отходов в течение одного миллиона лет. Высказанное опасение о возможности разогрева солей и быстрого продвижения в них крупных полостей рассолов в условиях неоднородного температурного поля для продуктов УХО, не представляет опасности. Сложнее и неопределённое решение вопросов, касающихся глобального поведения соляных куполов - например, возможное их всплывание<sup>3</sup> [Международный проект COSA, ФРГ].

Основываясь на временных критериях безопасного размещения продуктов УХО, которые в данном случае имеют возрастной диапазон (миллионы лет), необходимо учитывать те геологические процессы, которые могут привести к выводу в близповерхностные условия, захораниваемых продуктов УХО. Такими процессами, с учётом предполагаемой глубины залегания - 2-3 тысячи метров, теоретически могут стать только неотектонические движения положительного знака.

Поэтому их анализу в пределах региона предлагаемого размещения продуктов УХО (Прикаспий, юго-восточная часть Саратовской области), в работе уделено основное внимание.

### 10.1. Общие положения.

Вопрос об использовании соленосных формаций в качестве объектов для маганизирования отходов имеет большое практическое значение и требует

---

Недра, 1986. -223 с.

<sup>3</sup> Полуэктов П.П., Царенко А.Ф. Международный симпозиум по оценке безопасности захоронения радиоактивных отходов //Атомная энергия, - март 1990, т.68, вып. 3. - С. 221-224.

тщательного научного обоснования.

Обеспечение экологической безопасности полигонов захоронения, помимо чисто технических аспектов, в значительной мере определяется геолого-гидрогеологическими условиями формирования структур, возникающих в процессе соляного тектогенеза.

Особенностью соляных структур является тот факт, что их морфология в значительной мере определяется физическими свойствами соляных пород, в которых основную массу составляет галит, обладающий низкой удельной плотностью, сложной реакцией на действие напряжений в зависимости от давления, температуры, времени и наличия примесей.

Физические свойства соли являются одним из факторов, приводящим к развитию в соляных толщах пластических деформаций, способствующих возникновению соляных куполов.

Другая не менее важная, а может быть и более существенная часть вопроса соляного тектогенеза – это установление причин мощных деформаций соляных толщ, приводящих к возникновению и развитию соляных куполов.

Важность изучения геологической истории развития соляного тектогенеза определяется необходимостью решения прогнозных задач по выбору благоприятных соляных структур с точки зрения их экологической безопасности при создании в их пределах ППЗ отходов.

Несмотря на обилие работ, посвященных изучению соленосных толщ и структурных форм, образованных при участии соляных отложений, вопросы происхождения соляных куполов, вряд ли до конца выяснены. Опубликованный материал позволяет выделить основные направления, составляющие теоретическую базу процессов соляного тектогенеза.

М.В.Горфункель [112] в качестве основных причин, определяющих возникновение и развитие соляных куполов, рассматривает три группы факторов: магматические, регионально-тектонические и гравитационные. На их базе выделены три теоретические концепции, «отводящие первостепенную роль в образовании соляных куполов каждой из трех групп» (стр. 7).



Существует и концепции эрозионного генезиса соляных куполов. Во всяком случае, не рассматривая магматическую и эрозионную концепции формирования куполов как мало доказанные, как отмечает М.В.Горфункель, в процессе возникновения и развития соляных куполов обязательно участие регионально-тектонических и гравитационных сил и невозможность образования куполов без влияния хотя бы одного из этих факторов, действие которых «может быть соизмеримо по величине» (стр.107).

В пользу такого вывода свидетельствуют: 1. наличие на соляных структурах синхронных не согласий, обусловленных периодическими подъемами, соответствующих по времени складчатым движениям сопредельных горно-складчатых систем (регионально - тектонический фактор), 2. часто наблюдаемое непрерывное сокращение к сводам куполов толщин некоторых стратиграфических комплексов, 3. нарушенность надсолевых отложений (гравитационный фактор).

Таким образом, регионально-тектонический фактор, особенно интенсивно выступающий в период тектонических фаз, как бы создает возможность для проявления гравитационных сил. Однако, роль его, вероятно, не ограничивается этим.

Важным выводом по соляным куполам Прикаспия, является признание: возникновение и развитие соляных куполов обусловлено радиальными подвижками блоков фундамента при обязательном участии гравитационного фактора в процессе ритмичных и непрерывных движений соли, контролируемых фазами складчатости сопредельных складчатых областей – Уральской. При этом, как отмечает М.В.Горфункель, «к окончанию более крупных ритмов приурочены более интенсивные в отношении амплитуды подъёма проявления тектогенеза», а «непрерывный подъём штоков происходил всё время, в том числе и в периоды региональных погружений территории солянокупольной области» (стр.108).

Другим существенным фактом, является установление тесной связи соляных куполов и активных дислокаций подсолевых отложений,

способствующих созданию и поддержанию ослабленных зон в надсолевом покрове, что свидетельствует о способности соляной толщи передавать напряжения от подсолевого ложа надсолевым образованиям. При этом наиболее благоприятные условия для роста штоков создаются в районах пересечения систем дислокаций (разрывов, флексур и т.д.), в тоже время в областях пассивных дислокаций могут формироваться «соляные подушки».

Необходимо отметить, что в работах 50-60 годов недостаточное внимание уделялось роли новейших движений в формировании структур. Широкомасштабные геоморфологические и неотектонические исследования 70-80 годов на территории Прикаспия и его обрамления, связанные с поиском нефтегазоносных структур [173], убедительно показали существенную роль новейшего тектогенеза в формировании тектонических структур, в том числе и соляных куполов [10, 74, 94, 186].

Признание существенной роли новейших движений в формировании соляных куполов, является тем важнейшим фактором, определяющим оценку экологической безопасности проектируемых ППЗ, наряду со всей тектоно-гидрогеологической историей формирования и развития солянокупольных структур. Детальные структурно-геоморфологические и неотектонические исследования Прикаспийской синеклизы выявили существование в её пределах зон поднятий и прогибов, не только северо-западного простирания, характерных для центральной и западной частей впадины, но и меридионального простирания, расположенных в восточной части, и в Приуралье [173]. Анализ схемы новейшей тектоники Северного Прикаспия и Нижнего Поволжья позволили Ю.А.Мещерякову сделать вывод о том, что направления новейших структурных зон образовались в результате волнообразно-колебательного характера новейших тектонических движений, отражающих проявление глубинных процессов в пределах Уральской и Кавказской складчатых зон.

Кроме крупных линейных тектонических зон установлено большое число солянокупольных структур, подразделенных на тектонически-активные и

неактивные, т.е. соответственно выраженные и невыраженные в современном рельефе. Среди активных куполов одни имеют прямое, а другие «обращённое» выражение в рельефе. Одни сложены дислоцированными мезозойскими и палеозойскими породами, другие только слабоприподнятыми четвертичными отложениями. Многие соляные купола погребены под покровом плиоцен-четвертичных отложений. Соль куполов подвергается непрерывному растворению подземными водами, что отражается на поверхности образованием соляных депрессий (компенсационных мульд) [97].

Анализ распределения интенсивности и направленности неотектонических движений в пределах Прикаспия позволяет выявлять не только пликативные, но и дизъюнктивные нарушения и связанные с ними структурные формы переходного типа – флексуры. Одни как унаследованные, другие, новообразованные, приуроченные к линиям максимальных тектонических напряжений. Они располагаются вдоль границ новейших структурных форм, имеющих разнонаправленный знак неотектонических движений. Также, установлена связь полосовых гравитационных аномалий, обусловленных раздробленностью фундамента<sup>4</sup> с положением береговых линий, стадий стояния хвалынского Каспия [268, 269].

Важным моментом для оценки возможности организации ППЗ в пределах солянокупольных областей имеет анализ современных тектонических движений, количественная оценка которых достигается повторными нивелировками и спутниковыми наблюдениями в пределах существующих полигонов.

## 10.2. Обзор теоретических исследований солянокупольного тектогенеза.

Из многочисленных гипотез и теорий солянокупольного тектогенеза наиболее последовательно развивались два основных направления:

---

вып. 3. - С. 221-224.

4 Соколов В.Л. и др. О структуре подсолевого палеозоя Прикаспийской впадины // ДАН СССР, -1962. т. 162, №6. - С. 965-967.

гравитационное и регионально-тектоническое.

А) гравитационные гипотезы:

Идея образования соляных структур вследствие низкого удельного веса соли по сравнению с перекрывающими породами была впервые сформулирована С.Аррениусом в 1912 году и получила теоретическое обоснование американскими геологами Д.Бартоном [310] и Л.Неттлтоном [316] на основе изучения соляных куполов Галф-Коста.

По Д.Бартону, пластические течения соли начинаются в том случае, когда превзойден некоторый критический предел, находящийся в зависимости от геологического строения соленосной толщи, температуры, давления, влажности соли и времени протекания процесса. При этом энергия, необходимая для подъема соли возникает либо под действием тангенциальных сил, либо благодаря вертикальному давлению более тяжелых перекрывающих отложений. Основными факторами подъема соляных куполов является наличие регионального погружения и положительная разность плотностей покровных отложений и соли [310].

В 60-х годах наибольшее распространение получила гравитационная гипотеза, развитая Ю.А.Косыгиным [149]. Согласно представлениям, которого основными условиями соляного тектогенеза является: 1. наличие положительной разности плотностей между надсолевыми отложениями и солью; 2. наличие дифференциальной нагрузки на соль, без существенного влияния на соляные структуры обще тектонических процессов.

Гравитационная гипотеза в эти же годы получила широкое распространение среди немецких геологов. Ф.Трусгейм [324] пришел к выводу, что соли как геологическое тело подчиняются гидромеханическим законам и для реализации возможности перемещения, связанной с низким удельным весом и высокой пластичностью, необходимо:

1. наличие давления, при котором соль переходит порог упругих деформаций, приобретает пластичность и ведёт себя как вязкая жидкость. Этот порог расположен между 50 и 100 кг/см<sup>2</sup>, что соответствует давлению

перекрывающих пород толщиной 350-600 м.

2. перепад давления,

3. «толчок» к началу движения, связанный с наличием неоднородностей в подсолевом основании, в самой соли и в перекрывающих её породах.

Подчеркнём: согласно гравитационной гипотезе, соль движется под действием силы всплывания, возникающей под действием разности плотностей соли и вмещающих пород. Источник энергии всплывания заключён в свойствах самой соли, которая является активным фактором соляного тектогенеза.

Б) регионально-тектонические гипотезы:

Роль регионально-тектонического фактора на солянокупольную тектонику впервые в 1911 году отмечена Г.Штилле и наиболее убедительно проявлены в Северо-Германском бассейне [318], Южном Иране, Прикаспии.

Среди её сторонников существует два направления относительно объяснения механизма влияния этого фактора. Согласно с первым, соляные структуры возникают вследствие сжатия со стороны соседних областей горообразования, второе, отводит ведущую роль преимущественно радиальным движениям блоков кристаллического фундамента. Гипотезу тангенциального сжатия применительно к соляным структурам Прикаспия развивал В.Е.Руженцев. «Основа тектоники мезозойских и третичных слоёв была предначертана орогеническими движениями, смявшими в складки одновременно с вздыманием Уральского хребта и те пермские отложения, которые позднее были абразированы мезозойскими морями» [226].

Механизм, составляющий основу гипотезы вертикальных движений фундамента применительно к соляному тектогенезу, связан с предположением о раздавливании пластичных толщ соли между поднимающимися с разной скоростью глыбами фундамента и надсолевыми породами, играющими роль «упора», разработан В.П.Авровым, Г.Е.-А. Айзенштад [1] и др. Важным результатом этих исследований является установление медленного роста куполов, значительно ускоряющийся в определённые периоды. Они отвечают по времени тектоническим фазам в сопредельных областях горообразования.

Это свидетельствует о том, что скачкообразные и ритмические подъемы на соляных куполах имеют в своей основе регионально-тектонические причины. Таким образом, устанавливается, что в процессе роста куполов проявляется две формы движения соляных масс – ритмическая и непрерывная.

Большинство исследователей-тектонистов придерживаются представлений, согласно которым обще тектонический план солянокупольных регионов и основные черты строения соляных структур во многом определяются вертикальными движениями участков фундамента по зонам разломов.

Главным достижением в разработке вопросов соляного тектогенеза является соединение в единый комплекс механизмов гравитационного и регионально-тектонического факторов для объяснения процессов зарождения, формирования и новейшего развития соляных структур.

Таким образом, регионально-тектонические факторы, особенно интенсивно проявляющиеся в периоды тектонических фаз, создают возможность для проявления гравитационных сил.

Подобный подход к изучению соляных структур как объектов для организации ППЗ, требует изучения всей геологической истории конкретных куполов с непременным акцентом на их новейшую и современную историю, позволяющие давать наиболее достоверные прогнозы, касающиеся экологической безопасности организуемых полигонов.

### 10.3. Солянокупольная тектоника Прикаспия.

Изучением соляной тектоники Прикаспия, различных форм её проявления, зональности распространения, развития и генезиса занимались и занимаются многие исследователи: В.Я. Авров, Г.Е.-А. Айзенштадт, А.А. Борисов, А.Н. Гейслер, М.В. Горфункуль, Н.И. Кожевников, Ю.А. Кононов, Ю.А. Косыгин, И.П. Пермяков, В.Н.Синяков, А.Л. Яншин [307] и многие другие учёные. Подробное обобщение их работ сделано В.С.Кузнецовой [156].

В соответствии с классификацией Н.Я.Кунина [161], Прикаспийская впадина относится к классу крупных окраинно-материковых солянокупольных бассейнов с сотнями соляных куполов с мощным развитием соляной тектоники, при этом соляные структуры различных бассейнов являются однотипными. Они представлены положительными формами (купола, антиклинали) и сопряженными с ними отрицательными структурами - межкупольными депрессиями, компенсационными мульдами, мульдами оседания и грабенами.

Формирование соляных структур объясняется следующими свойствами каменной соли: 1. пластичность, возрастающая при увеличении давления и температуры и обеспечивающая возможность её перемещения из зон более высоких напряжений в зоны с более низкими; 2. низкая плотность и её залегание под более плотными породами надсолевого комплекса, в результате чего надсолевые породы стремятся занять нижнее положение, а легкая соль - всплыть наверх; 3. соль обладает очень высокой растворимостью, что является причиной формирования мульд оседания и надсводовых грабенов и плоских вершин соляных куполов [127, 148].

В Прикаспийской впадине выделяют соляные структуры нескольких типов, различающихся между собой соотношением структурных планов соли и подсолевых пород, взаимоотношением соляного массива с перекрывающими его отложениями, а также размерами и формой.

Соляные антиклинали – «сквозные» складки вытянутой формы, проявляющиеся во всех трех комплексах пород - подсолевым, соленосном и надсолевым. Они характерны для прибортовых зон Прикаспийской впадины. Отличительная особенность этих структур - одновременность формирования складки в подсолевых и вышележащих отложениях.

Соляные структуры типа платформенных складок распространены вдоль окраины солеродного бассейна. Соль не образует больших скоплений. Дислоцированность надсолевого комплекса обусловлена локальными поднятиями подсолевого ложа. От обычных куполовидных (платформенных) складок их отличает присутствие в разрезе соленосной толщи, которая не

играет активной роли. Структуры этого типа широко представлены к северу и западу от бортового уступа Прикаспийской впадины. В генетическом ряду эти структуры стоят между бессолевыми платформенными поднятиями и рудиментарными куполами [127]

Соляные купола - распространённый тип соляных структур Прикаспия. По характеру взаимоотношения соли и надсолевых пород они подразделяются на два подтипа: *рудиментарные* и *нормально развитые*.

К *рудиментарным* относятся глубокие соляные купола, лишь приподнимающие надсолевые слои. Толщина надсолевых горизонтов в их сводах сокращена по сравнению с окружающими их впадинами. Развиты они в основном в юго-восточной прибортовой части Прикаспийской впадины.

К категории *нормально развитых* соляных куполов относятся, скрыто прорванные, прорванные, размытые и открытые купола, различающиеся по соотношению соленосных массивов, надсолевых слоёв и по глубине эрозионного среза. Скрыто прорванные купола перекрыты отложениями мезозоя и палеогена. В сводах этих куполов триасовые и юрско-палеогеновые породы залегают согласно с кровлей соли. Контакт тектонического примыкания наблюдается только у асимметричных массивов вдоль крутого склона.

На территории Прикаспийской впадины известно 1758 соляных куполов. С увеличением глубины погружения купола сливаются в соляные гряды, образующие вместе с межкупольными депрессиями сложную ячеисто-сотовую структуру. Некоторые штоки куполов имеют высоту до 10 км и достигают огромных размеров в плане (купол Баскунчак -100 км<sup>2</sup>). Соляные антиклинали представляют складки вытянутой формы, часто осложнённые в верхней части соляными куполами. Они характерны для прибортовых зон бассейна [259].

#### 10.4. Современные тектонические движения соляных структур и территории Прикаспия.



Инверсионный характер современных движений установлен по данным повторного нивелирования, выполняемого в зоне Волгоградской ГЭС [258]. Правый берег (Приволжская моноклиналь) испытывает опускания со скоростью  $\approx 1$  мм/год, а левый (Прикаспийская впадина) поднимается с такой же скоростью, хотя, исходя из всей истории геологического развития этих регионов, знаки движений должны быть противоположными.

Тем не менее, эта инверсия существует, и подтверждаются другими инверсиями в Прикаспии [155] и Кавказском регионе. В целом, данные о вертикальных движениях на ряде куполов Прикаспия иллюстрируют влияние инверсий движения на усреднённые значения скорости и объясняют расхождения в опубликованных данных по куполам Евразии (1-3 мм/год) и США (12,5 мм/год) [310].

Причины нестационарного характера движений рассмотрены В.А. Сидоровым. Им выделены циклы 5, 11, 22, 28 лет, которые связывались с циклами солнечной активности. Зафиксированные вариации скоростей и амплитуд упругих волн с периодами 1,5-2,6, 5-7, 11 лет в разных слоях литосферы вне зависимости от системы разломов и сейсмической активности свидетельствуют о циклах изменений тектонических напряжений, приводящих к деформированию различных участков литосферы [244, 245].

Анализ данных повторного нивелирования позволил выявить закономерности современных движений соляных структур, скорость роста которых в Прикаспии (до 8,8-14 мм/год) значительно выше предполагавшейся ранее. Установлен сложный пространственный характер движения. Показано, что не стационарность знака движений купола во времени является универсальным явлением на фоне общей тенденции роста куполов и погружения мульд [156].

#### 10.5. Некоторые современные инженерно-геологические процессы, связанные с солянокупольным тектогенезом.

Основной проблемой, возникающей при создании ёмкостей в солях, является сокращение их объёмов. Это происходит из-за ползучести соли, например, в хранилище нефти в соляной шахте купола Уикс-Айленд (США), в подземном хранилище газа в районе г. Киля (ФРГ), в хранилище радиоактивных отходов Нью-Мелико, скорость ползучести сводов и стен в 3 раза превышает проектную, а также во многих других местах. Большие деформации каменной соли (до 10%) проявляются в силу влияния высоких температур (80-100°C) и глубины (> 2000 м).

Важно отметить, что деформации в геологической среде подземных ёмкостей внутри соляного массива носят комплексный характер и обусловлены не только растворением и ползучестью соли, но и структурными особенностями соляного массива [251].

#### 10.6. Опыт создания подземных ёмкостей.

Зарубежная практика располагает опытом строительства могильников глубокого заложения (МГЗ) на глубине > 1 км для захоронения отходов в скальных и осадочных породах [322]. Эта информация освещает техническую и технологическую стороны вопроса. В частности, указывается, что в ФРГ, Бельгии, США, Швеции, Канаде, Швейцарии созданы подземные лаборатории, в которых в натуральных условиях проводятся крупномасштабные эксперименты по изучению возможности надежной изоляции высокоактивных отходов в гранитах, вулканических пеплотуфах, глинистых породах, в пластовых залежах каменных солей [312, 322].

В 14 странах созданы национальные программы, предусматривающие в течение ближайших 10—15 лет начать удаление радиоактивных отходов в подземные сооружения. Планируется строительство 17 могильников, 8 долговременных хранилищ и 6 предприятий по отверждению жидких высокоактивных отходов. [Осипов и др., 1994, см. сноску стр. 10].

Отечественная практика инженерно-геологических исследований до настоящего времени сталкивалась лишь с единичными случаями обоснования возможности и целесообразности устройства могильников промышленных отходов в приповерхностных частях литосферы. Глубокие же геологические формации для этих целей, практически не изучались.

В.И.Осипов с коллегами подчёркивают: «..учитывая важность рассматриваемых объектов техносферы, как инженерных сооружений высокого класса ответственности и экологической опасности, а также неизбежную загрязняемость окружающей среды (при инженерных расчётах), необходимо чётко определить круг решаемых вопросов, обеспечить высокую достоверность исходной инженерно-геологической информации, а также надёжность выводов и заключений относительно степени пригодности горного массива. В противном случае, неизбежны негативные экологические процессы, последствия которых трудно спрогнозировать и оценить в экономическом, в социальном и в экологическом планах».

#### 10.6.1. Общие сведения о могильниках глубокого заложения.

Каменные соли представляют собой упруго вязкую непроницаемую среду, характеризующуюся высокой прочностью (15-35 МПа). В них можно сооружать каверны объёмом 300-500 тыс. м<sup>3</sup>, устойчивых в условиях горного давления. Соль легко растворяется в пресной воде: в 1 м<sup>3</sup> воды при t=293°К растворяется 317 кг соли.

Строительство подземных ёмкостей в соляных пластах для хранения газа, нефти, нефтепродуктов началось в начале 50-х годов в США, Канаде и СССР.

Главными причинами такого предпочтения явились экономическая эффективность, технологичность создания непроницаемой ёмкости большого объёма, обладающей высокой прочностью. Она инертна к углеводородам, которые не оказывают влияния на физико-механические свойства галита.

Примеры: подземное газохранилище объёмом 68000 м<sup>3</sup> на глубине 1305-1400 м в районе г. Киля (ФРГ)<sup>5</sup>, хранилища для радиоактивных отходов существуют в соляных моноклиналях и соляных куполах США в Нью-Мехико<sup>6</sup>. Ведущее положение в изучении геотехнологии способа сооружения подземных полостей занимает Федеральный институт наук о Земле и природных ресурсов (Германия).[313, 314].

#### 10.6.2. Требования к рабочей толще.

Круг задач при проведении исследований, обусловлен инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями площадки, а также необходимостью выполнения технических операций, составляющих полный цикл строительства МГЗ. К ним относятся: бурение и обустройство технологической скважины для размыва; сольесъём (насыщение воды растворимой солью); подъём и передача рассола рассолопотребляющим предприятиям, утилизация в глубокие водоносные горизонты и т.д.

Режим бурения, конструкция и обустройство технологической скважины определяются особенностями строения залежи, обусловленными её типом.

Критериями пригодности соляного массива в качестве вмещающих пород для МГЗ [320, Осипов и др., 1994] являются:

- глубина залегания;
- мощность рабочей толщи;
- чистота соли;
- гидравлическая крупность нерастворимых включений и их уплотняемость в осадке;
- химический состав растворимой соли (при передаче рассола предприятиям);
- наличие в рабочей толще прослоев, обогащённых калийными, магниевыми и другими легкорастворимыми минералами, способными привести к осложнениям строительных и эксплуатационных работ;
- присутствие

---

<sup>4</sup> №6. - С. 965-967.

<sup>5</sup> Rohr H. Gerbigsmehanschssches Verhalten einer Kaverne im Salzgesten. «Kali und Steinsalz», 1973, 6, №5, - P. 178-183. 6, №5, - P. 178-183.

<sup>6</sup> Sands H.E. Design of underground supports for high-level nuclear waste repositories. Rock Mech. And Power Plants: 1 SRM Symp., Madrid 12-16 Sept., 1988, vol. 1. Rotterdam, Brookfield, -1988, - P.589-597.

пропластков нерастворимых пород; • расположение в разрезе в непосредственной близости от кровли рабочей толщи проницаемых, обводнённых пород; • длительная тектоническая стабильность района; • возможность удаления технологического рассола со строительной площадки.

Эти критерии оценки, а также пригодности подстилающих и покрывающих ее пород для создания МГЗ, следует рассматривать в качестве предварительных. В случае проведения исследований для захоронения радиоактивных отходов критерием пригодности будут являться особенности свойств солей. В частности, речь идёт о реакции последних на тепловое и радиационное воздействие. Подчеркнём: при использовании солей для захоронения продуктов УХО, такой проблемы не возникнет.

При изучении солянокупольных структур со сложным внутренним строением, необходимо ориентироваться на получение дополнительной информации, позволяющей прогнозировать общие закономерности проявления соляного тектогенеза [Осипов и др., 1994] .

К ним относятся: • форма и размер структуры в плане; • степень автономности структуры (одиночная или входящая в состав ряда складок); • углы падения крыльев (асимметричность); • глубина залегания кровли; • наличие кепрока, его состав, мощность и форма; • наличие глинисто-галитовой подтолщи на куполе; • глубина залегания материнской соляной залежи в районе складки (купола); • тип соотношения не соляных (вмещающих) пород с соляным телом; • химический состав каменных солей по ритмопачкам; • структурно-текстурные особенности солей в различных частях структуры.

Методические подходы изучения соляных массивов, как считают авторы, могут быть успешно реализованы на практике лишь применительно к залежам относительно простого морфологического облика (пластовые горизонтального залегания, большие купола, не осложнённые внутренней соляной тектоникой, и пр.) пропластки нерастворимых пород, местоположение и ориентацию в

пространстве которых, возможно спрогнозировать на основе корреляции разрезов и данных геофизических исследований.

В случае изучения структур, осложнённых внутренней соляной тектоникой, корреляция разрезов малоэффективна. Предлагаемые методические подходы эффективны лишь при изучении соляных массивов пластового типа, а также соляных структур, характеризующихся простым внутренним строением.

При выборе участков в солях для захоронения продуктов УХО нет необходимости обеспечения сохранности полостей после их заполнения. Главное, чтобы эти ёмкости, ни при каких условиях не смогли оказаться в приповерхностных участках литосферы.

#### 10.7. Геолого-гидрогеологические условия, как фактор оценки благоприятности размещения ППЗ в солях.

При выборе участков в соленосных толщах благоприятных для размещения подземных ёмкостей, следует назвать ряд геологических факторов определяющих возможность их использования.

1. Механические свойства солей;
2. Наличие жидких и газовых включений;
3. Литологическая неоднородность;
4. Изменения текстур пород и структур минералов за счёт тектонических процессов разрывного характера и явлений галокинеза;
5. Литологическая и гидрогеологическая характеристика водоносных горизонтов, залегающих выше и ниже соленосной толщи и, возможное, присутствие обводнённых участков в самих солях [10].

##### 10.7.1. Механические свойства каменной соли.

Наибольшей прочностью и наименьшей проницаемостью из всего комплекса галогенных отложений обладают сульфатные и сульфатно-карбонатные породы [12, 202] наибольшие их толщины отмечаются на

значительных глубинах. Кроме того, в этих породах исключается возможность строительства полостей способом выщелачивания. В них даже при относительно незначительных напряжениях возникают системы трещин, в которых концентрируются рассолы соленосной толщи, воды, образующиеся при дегидратации гипса, а так же элизионные воды. Рассолы, содержащиеся в таких коллекторах, обладают сверхвысоким пластовым давлением. Поэтому наиболее приемлемыми для строительства полигонов представляются толщи хлоридных солей. Среди них наибольшей прочностью, растворимостью и наименьшей флюидопроводимостью обладает каменная соль и её разновидности, сохраняющие первично-седиментационные структуры и текстуры. Каменная соль с полностью сохранившейся «перистой» структурой галита и существенной ролью межкристалльных включений рапы характеризуется более низкими показателями прочности по сравнению с перекристаллизованными разновидностями в значительной степени лишённых последних ( $d_{сжат.}$  12,6-13,2 МПа). Тогда как равномерно зернистая каменная соль с меньшей ролью межкристалльных растворов и рапы, включений в галите отличается достаточно узким диапазоном таких свойств ( $d_{сжат.}$  14,4-14,6 МПа).

Для каменной соли залегающей на значительной глубине, весьма важным фактором, определяющим хрупкие или упругие деформации галита, является температура. При  $t > 200^{\circ}\text{C}$ , как показано [202], начинает доминировать упругая деформация галита. Расчёт позволяет оценить те глубины, на которой в соленосной толще проницаемые зернистые структуры каменной соли будут сменяться шпатовыми, «очковыми» и др., обладающими существенно большей механической прочностью и флюидоупорностью.

#### 10.7.2. Фильтрационно-ёмкостные параметры солей в условиях, приближённых к пластовым.

Материалы получены Тимофеевым Г.И. с коллегами НВ НИИГГ (г.Саратов), при изучении фильтрационных свойств солей [264, 265].

Соли обычно рассматриваются в качестве наиболее совершенных экранов, обеспечивающих высокую степень герметизации. Подтверждением этого служит: более 60 % разведанных мировых запасов газа сосредоточено в подсолевых отложениях, а наиболее крупные месторождения установлены непосредственно под соленосной покрывкой [4].

Высокие экранирующие способности солей связываются с низкими величинами их пористости и поровой фильтрационно-диффузионной проницаемости, а также отсутствием в солях при пластовом залегании наложенной на их структуру деформационной трещиноватости. Однако, судя по некоторым данным [88, 187], пористость чистых галитов составляет 2,8 %, а при примеси терригенно-карбонатного материала - 4,8 %, проницаемость изменяется в пределах - от  $n \cdot 10^{-21}$  до  $10^{-15} \text{ м}^2$ . Кроме того, наряду с порами межгранулярного типа в солях обнаружены микротрещины с раскрытостью 4-8 мк, что должно существенно повышать их суммарную проницаемость. Стало быть, не все соли могут играть экранирующую роль, а при пористости  $> 3\%$  и проницаемости  $> 0,1-0,15 \times 10^{-15} \text{ м}^2$  аналогично карбонатным породам их можно рассматривать как коллектора что находится в явном противоречии с имеющимися геологическими оценками их изолирующей способности.

Кажущееся противоречие объясняется тем, что газопроницаемость образцов галогенных пород, замеренная в лабораторных условиях, не отражает их реальных фильтрационных свойств в пласте, поскольку:

1. При подъёме керна на поверхность и снятии пластовых напряжений, а также температур, исчезают упругие деформации сжатия пород, которые состоят из деформаций порового пространства и твёрдой фазы, причём первые на 1-2 порядка превышают вторые [28]. На поверхности в условиях отсутствия фактора всестороннего сжатия происходит увеличение объёма порового пространства образцов пород и, как следствие, их проницаемости. Поэтому замеренные в стандартных условиях фильтрационно-ёмкостные параметры оказываются всегда выше и не соответствуют пластовым. Следует считать, что эти изменения будут ещё более существенны и в пластовых



условиях, по мере увеличения глубины залегания герметичность галогенных слоёв будет значительно возрастать.

2. В процессе разбуривания, выноса, хранения керна в последнем возможно образование микротрещин, связанных с механическим воздействием бурового инструмента, испарением влаги, а также гидроразрывом стенок пор [123]. Естественно, это также приводит к увеличению пористости и проницаемости пород, как и в случае с упругими деформациями.

3. Проницаемость пород в пластовых условиях определяется их остаточной водонасыщенностью (эффективная проницаемость), которая не моделируется при обычных стандартных методах определения проницаемости. По изложенным обстоятельствам использовать фильтрационно-ёмкостные параметры солей, полученные в обычных стандартных условиях, для оценки их экранирующей способности в пласте нельзя. Необходимо проводить определение проницаемости образцов в условиях, имитирующих пластовые. Они включают внешнее горное давление, флюидонасыщенность, внутрипоровое давление, температуру.

О деформационных свойствах солей в условиях всестороннего неравномерного сжатия имеется ограниченное число экспериментальных данных [203], которые свидетельствуют о том, что наиболее высокую трещиноватость солей при тектонических напряжениях следует ожидать на глубинах до 2 км: коэффициент разуплотнения пород ( $K_{v1}$ ) равен 1,26-2,55; на глубинах от 2 до 4 км.  $K_{v1}$  снижается до 0,58-0,35 и на глубинах до 8 км уменьшается до 0,5-0,1.

По результатам непосредственных замеров современного напряжённого состояния в верхних горизонтах осадочного чехла установлено, что на платформах наиболее распространённым случаем, является упругое напряжённое состояние. Для большинства пород упругое состояние характеризуется преобладанием вертикальных напряжений над горизонтальными. В то же самое время в высокопластичных породах (соли), наблюдается релаксация напряжений часто до условий равномерного

всестороннего сжатия [28]. При релаксации напряжений, как показали опыты по разгрузке пород от напряжений, часть необратимых деформаций восстанавливается за счёт смыкания микротрещин, с чем связывается несоответствие коллекторских свойств пород по данным каротажа и лабораторных исследований, поднятых на поверхность кернов [203]. Можно считать, что этот процесс имеет место и в условиях пластового залегания солей.

Скорость релаксации напряжений в соленосной толще, по-видимому, значительна. По некоторым данным, период релаксации напряжений в соленосной породе составляет порядка  $10^7$  с, или несколько месяцев. В пользу этого говорят и наблюдаемые эффекты сужения стволов скважин при проходке соляных толщ, вызывающие прихваты бурового инструмента [15, 92].

Экспериментальные исследования фильтрационно-ёмкостных свойств солей были проведены в условиях всестороннего сжатия образцов давлением в 30-40 МПа в течение 7 суток [265]. Они показали, что с течением времени первоначально замеренные величины проницаемости кернов испытывают снижение и за 7 суток уменьшились на 1-4 порядка. Важно подчеркнуть, что в течение этого времени процесс упругой деформации солей не завершился, поскольку ни в одном случае не достигнуто стабилизированных значений  $K_{абс}$  и  $K_{эф}$ . Процесс смыкания пор и трещин продолжается, сопровождаясь уменьшением пористости и проницаемости образцов, а, следовательно, возрастанием экранирующей способности соленосных отложений.

### 10.7.3. Роль включений в минералах солей.

Изучение включений в минералах галогенных отложений позволяет оценивать состав рапы бассейна, её температуру, устанавливать состав поровых растворов [187, 207]. В то же время изучение морфологии, фазового и химического состава, распределения в объёме породы всех систем включений, позволяет оценивать степень их флюидонасыщенности и флюидопроводимости. Рапа меж зерновых пор и седиментационных включений

в минералах является основным материалом при формировании рассолов. В каменной соли, имеющей не дислоцированное залегание и седиментационные структуры галита, рапа включений может составлять 1-1,8% объёма породы.

Выполненные исследования<sup>7</sup> показывают, что в перераспределении растворов и газов включений в минералах солей большая роль принадлежит процессам их перемещения в поле градиентов температур и давлений. Несмотря на разные оценки масштабов такой миграции и «критических» градиентов температур и давлений, при которых она проявляется в лабораторных опытах, можно очертить те условия, в которых это явление будет играть существенную роль. Во-первых, это районы соленосных бассейнов, где соль могла подвергаться разогреву при интенсивном галокинезе. Проведённое изучение структурно-текстурных характеристик каменной соли на солянокупольных структурах Эльтон, Баскунчак, материалы по структурам Индер, Челкар, Кыз и др., позволили утверждать, что и в пределах солянокупольных структур, в определённых интервалах разрезов и разновидностях каменной соли, сохраняются почти в полной неизменности первично-седиментационные структуры с рапой включений. [10].

#### 10.7.4. Литологическая неоднородность соленосной толщи.

Литологическая неоднородность соленосной толщи значительно усложняет условия строительства камер и их сохранность. Это связано не только с прочностными характеристиками пород, но и с их неодинаковой растворимостью.

Присутствие легко растворимых солей – сильвина, карналлита и бишофита может существенно влиять на изменение формы камер, вызывая их обрушение и выход к границам соляного тела. Таким образом, присутствие калийно-магниевых солей в потенциальных вместилищах отходов крайне

---

, -1988, - Р.589-597.

<sup>7</sup> Махнач А.А. Катагенез и подземные воды. - Минск: Наука и техника, 1989. –335с.

нежелательно. Это обусловлено пониженными прочностными свойствами и высокой способностью к пластическим деформациям.

#### 10.7.5. Тектоническое строение соленосной толщи.

В результате проявления соляной тектоники образуются соляные тела различной формы от соляных валов, «подушек», которые по своей текстуре сравнительно мало отличаются от пластовых тел, до скоплений соли, оторванных от основной толщи и перемещённых на значительное расстояние в толще терригенных пород. Последнее явление детально описано для зоны Мексиканского залива, а так же для некоторых районов Прикаспийской впадины<sup>8</sup>. Наиболее крупные соляные структуры привлекают к себе внимание (с позиции выбора интервалов, пригодных для строительства полостей) прежде всего большой толщиной интервалов, сложенных каменной солью. Однако, как показали исследования внутреннего строения Эльтонского и Челкарского соляных куполов, выполненные С. А. Свидзинским [233] и Т. А. Ошакпаевым [202], и для таких крупных куполов характерны высокая дислоцированность отложений, будинаж, увеличение толщин хлоридных солей в сводовых частях складок и даже присутствие разрывных нарушений. Это приводит к изменению первичных соотношений пород на различных гипсометрических уровнях и к значительной анизотропии соляных тел. Вследствие анизотропии и появления в соли зон трещиноватости, сложенной соляной сыпучкой, в солях возникают возможности для локализации рассолов и даже их миграции. Прогноз распределения таких зон в телах соляных куполов и представляет одну из важнейших задач при выборе объектов для строительства в них полостей.

#### 10.7.6. Гидрогеологические условия.

---

техника, 1989. –335с.

<sup>8</sup> Яцкевич С.В. и др. Стратиграфический разрез в наложенной мульде Кара-Кудук // Геология нефти и газа. -1990, № 7. - С. 36-39.

Минерализация водоносных горизонтов вблизи куполов увеличивается, достигая степени рассолов, наряду с падением пьезометрических уровней, что указывает на приближение потока подземных вод к области разгрузки. Даже пресные воды аллювиальных водоносных горизонтов в районах пересечения ими соляных структур увеличивают минерализацию до 15 г/л, (долины рек Урала, Утвы, Улькайяк и др.).

Хотя соленосная толща является совершенным водоупором, а прилегающие к ней подземные воды, насыщаясь, быстро теряют свою растворяющую способность, тектонические подвижки и деятельность человека могут резко усилить процессы растворения солей. Соляной карст может протекать очень быстро и часто приобретает катастрофический характер. Известны факты затопления шахты Верхнекамского месторождения [122], а также образование провала над соляными шахтами в штате Луизиана, где хранятся стратегические запасы нефти. Эти примеры показывают, что масштаб осложнений может значительно увеличиваться, если в техногенные процессы будут вовлекаться прилегающие к соляному телу проницаемые водоносные горизонты [10].

#### 10.8. Особенности использования недр в Саратовском Заволжье для захоронения токсичных отходов - продуктов УХО.

Наличие запасов химического оружия, уничтожение которого осуществляется в районе р.п. Горный, создало проблему: куда девать продукты уничтожения [190, 236, 237].

Рассматривались два метода:

1. «Бункерный», складирование по существующим нормативным правилам на поверхности земли, с созданием жизнеобеспечения полигона с бесконечным сроком хранения, с усиленным охранным режимом, с возможностями технологических нарушений, аварий и диверсий.

2. Захоронение в глубоко погруженных соляных куполах или в межкупольных пространствах в пределах Прикаспийской впадины.

В обоих случаях это Саратовское Заволжье с тяжёлыми проблемами водоснабжения. Принципиальное различие в геологическом строение этих двух территорий заключается в том, что р.п. Горный находится на платформенной части, в пределах которой развит комплекс терригенно-карбонатных отложений с характерными для него толщинами. В то время как юго-восточная часть относится к Прикаспийской впадине, где те же самые отложения погружены на глубины 2-5 км и в разрезе присутствуют галогенные породы, с проявлением солянокупольной тектоники.

Изучение гидрогеологических условий показало, что в пределах Краснопартизанского района, существуют перспективы водоснабжения за счёт подземных вод. Подсчитанные их естественные запасы и ресурсы, пригодных для хозяйственно-питьевого водоснабжения, составляют  $95677 \text{ м}^3/\text{сут}$ , с учётом их использования за 25 лет. Зоны, обладающие значительными запасами, приурочены к долине р. Б.Иргиз и его притокам. Возраст водовмещающих пород от четвертичного до юрского.

В связи с подтоплением территории Краснопартизанского района, принятие решения о создании ПЗ по бункерному варианту потребует серьёзных капитальных вложений на обеспечение охраны водных объектов.

В зоне развития соляной тектоники (Краснокутский, Новоузенский и др. районы) ситуация, с пресными водами еще более тяжёлая. Неблагоприятные гидрогеологические условия для решения возникшей проблемы являются определяющими при выборе метода захоронения в солях. В случае невозможности утилизации рассолов, не представит особых сложностей провести их подземное захоронение. Поглощающим, может быть байосский водоносный горизонт средней юры. Глубины залегания его изменяются от 1000 до 1310 м. Он обладает хорошими коллекторскими свойствами (по данным ГИС пористость отложений 23,2%). Минерализация вод 80-100 и более г/дм<sup>3</sup>.

Соляные массивы представляют собой в морфологическом плане либо

непрерывные соляные гряды протяженностью до 100 и более км., либо соляные купола высотой до 5 км. Общее представление о морфологии соляных тел на временном и геологическом разрезах представлены на рис. 10.8.-1 и рис. 10.8.-2, а их распространение по площади на рис. 10.8.-3.

Соляные тела представлены каменной солью (галитом) с прослоями и пластами калийных (сильвинит, полигалит), калийно-магниевых (карналит), магниевых (бишофит) солей, ангидритов, ангидрит-доломитов и терригенных пород. Толщина «негалитовых» пород достигает до 30% от всего разреза.

На основе сейсмических профилей проведена оценка территории зоны Саратовской области с целью оптимизации поисков соляных куполов с необходимыми свойствами [190]. При этом в основу классификации и районирования были положены следующие требования: купол должен быть многокилометровым в высоту и поперечнике, а также иметь свободные зоны от «негалитовых» пород.

При обработке геологического и геофизического материала установлено, что чистота соляных тел от «негалитового» материала изменяется как в широтном, так и в меридиональном направлениях. По широте чистота возрастает от Ровенского района в восточном направлении. Наиболее чистые разности соляных куполов сосредоточены в Ершовском, Дергачёвском, Новоузенском, Александрово-Гайском районах. На рис. 10.8.-3. показано районирование территории южной части Саратовского Заволжья по условия распространения наиболее чистых соляных куполов и где возможно провести детальные работы по выбору конкретного купола.

Для более обоснованного выбора территории, в пределах которой должен находится соляной купол с приемлемым составом солей, необходимо изучение проявления и интенсивности неотектонических движений, а также интенсивность его роста в геологической истории.

Таким образом, в Краснопартизанском районе площадки под строительство бункеров должны располагаться в зонах низкого стояния уровня вод первого от поверхности водоносного горизонта (глубина не < 30-40 м).

С. 23-24336

Такие участки располагаются на водораздельных пространствах и могут служить для складирования тары из-под химического оружия.

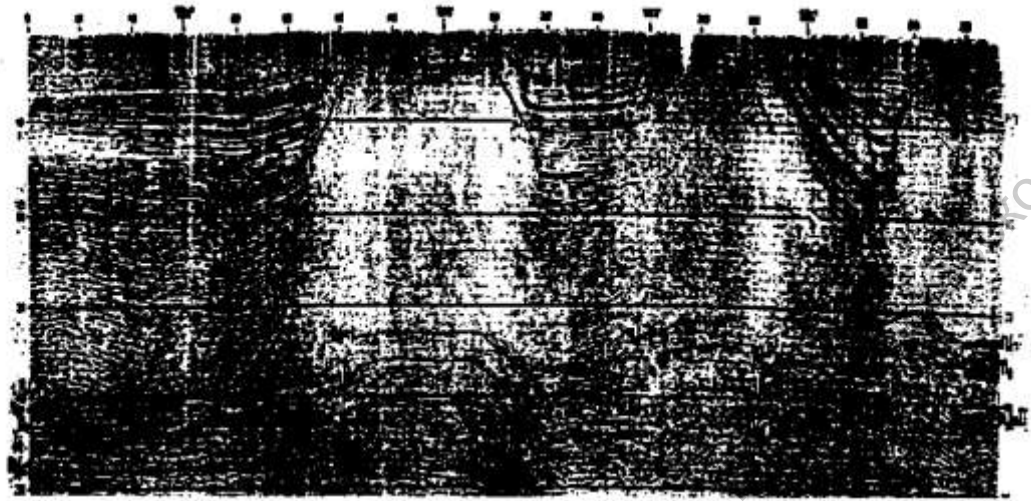


Рис. 10.8.-1. Схема строения соляных куполов (временной сейсмический разрез). Новоузенский район.

Масштаб 1:100000

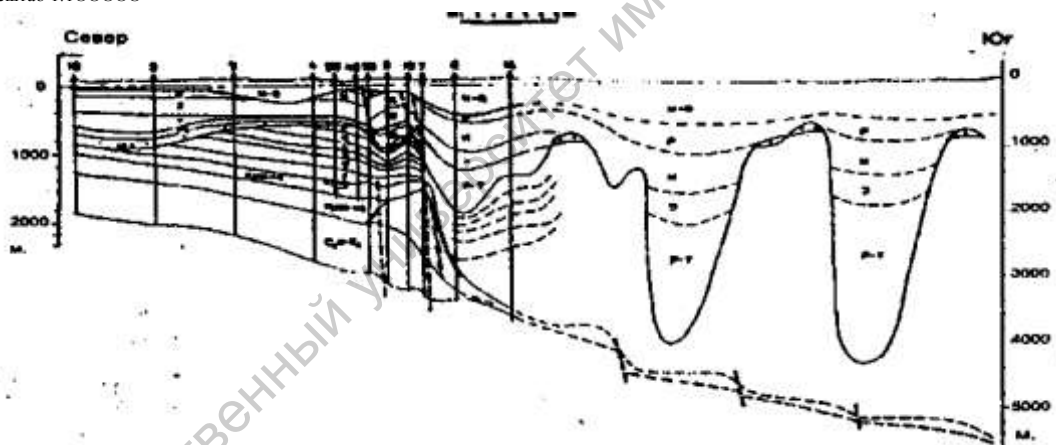


Рис. 10.8.-2. Схема соляных куполов (глубинный геологический разрез). Карпенское пересечение.



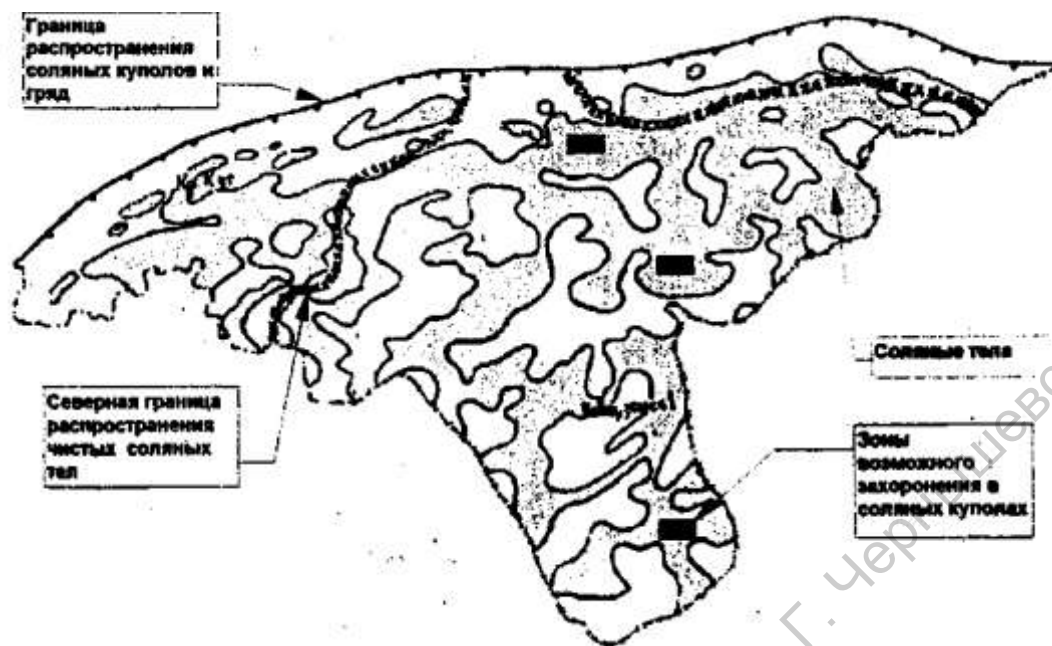


Рис. 10.8.-3, Схема распределения соляных тел в юго-восточной части Саратовского Заволжья

При захоронении в солях, купол или соляной массив может быть выбран после переинтерпретации существующего геофизического материала, или после проведения полевых геофизических и газо-геохимических работ (гелиометрическая, углеводородная съёмки) для картирования возможных тектонических нарушений. Выявление тектонических нарушений и неотектонической истории территорий может быть обеспечено проведением морфометрического и структурно-неотектонического анализа [74, 188, 274].

### 10.9. Выводы.

Установлено, что соль при длительном воздействии напряжений в условиях изменяющихся температур деформируется и в том случае, когда эти напряжения ниже предела упругости. Предел длительной прочности каменной соли в рассоле в 1,5 меньше, чем при естественной влажности, а скорость деформации ползучести соли в рассольной среде в 4-8 раз больше, чем скорость деформации образцов при естественной влажности. Следовательно:

1. Галогенные формации обладают свойствами обеспечивающих надёжную изоляцию высокотоксичных продуктов УХО.
2. При создании подземных захоронений в соляных куполах необходимо отдавать предпочтение тектонически неактивным в настоящее время.

3. Наиболее безопасными территориями для создаваемых ПЗ, могут быть межкупольные пространства среди тектонически малоактивных куполов.

4. Предварительный анализ территории Саратовского Заволжья показал, что в её пределах присутствуют участки благоприятные для реализации мероприятий по подземному захоронению продуктов УХО.

Вполне очевидна и экономическая целесообразность варианта строительства подземного полигона в солях, который на порядок дешевле варианта хранения в наземных условиях [51, 188].

### **Раздел III. МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ ЗОНЫ ГИПЕРГЕНЕЗА.**

В разделе охарактеризован комплекс минералов различного происхождения: гипергенного и гидротермального. Первый, является надёжным индикатором неотектонических движений, второй, показателем нарушения изолирующих свойств глинистых покровов.

### **Глава 11. МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ СОВРЕМЕННЫХ И НЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.**

#### **11.1. Минералого-геохимическая характеристика высоко глиноземных образований Нижнего Поволжья**

##### **11.1.1. Возраст, генезис, перспективы обнаружения месторождений.**

Нами установлено: образование высоко глиноземной минерализации в Поволжье, обусловлено неотектоническими движениями, которые также приводили к формированию высоко ёмких коллекторов трещинно-порового типа, определявших направление миграции углеводородов. Доказательство связи неотектоники и процессов минералообразования позволило с новых позиций оценить и прогнозы Поволжья на высоко глиноземные руды. Представление об их раннемезозойском возрасте, давали основания перспективы региона оценивать весьма оптимистично. При кайнозойском (среднеплейстоценовом) возрасте - масштабы скоплений минералов определяются только лишь интенсивностью сернокислотного выветривания, определяемого границами выходов каменноугольных карбонатных пород в сводовых частях неотектонических структур и, соприкасающихся с ними, глини J<sub>2</sub> возраста.

Сернокислотное выветривание приводило к образованию минерального комплекса, характеристика которого приводится в разделе 11.1.2. Чтобы изучить возможность их формирования, был использован метод моделирования

физико-химических процессов на ЭВМ по ПК «Селектор»<sup>35,36</sup>.

На *первом* этапе проведено моделирование растворимости гиббсита, кварца, кальцита, анатаза, амакинита, присутствующих в данной минеральной ассоциации, в диапазоне рН 1-14, при температурах 5°, 25°, 50° и давлении 1 бар.

На *втором*, решены две задачи последовательно отражающих ход сернокислотного выветривания: 1 - взаимодействие пирита с дождевой водой, сопровождающегося образованием сернокислых растворов; 2 - взаимодействие растворов обогащённых Al и Si с известняками (щелочной барьер).

*Третий* этап включал решение задач по взаимодействию реальных растворов (пробы из сернокислых источников в районе ст. Сиротинская, Волгоградской области, содержащих аномальные концентрации Al (до 500 мг/л), Si (80 мг/л), с карбонатными породами, в условиях температур 5° и 25°, давлении 1 бар и в системах открытых - закрытых к O<sub>2</sub> атмосферы.

Результаты решения задач 1 и 2 этапов подтвердили известные данные по процессам, изученным в лабораторных условиях. Моделирование взаимодействия сернокислого раствора с известняком и доломитом, показало близость минеральных ассоциаций в природных условиях (гиббсит, гётит, гипс, аллофан), с модельными (гиббсит, гётит, гипс, каолинит)<sup>37</sup>.

Вариант задачи: отсутствие в системе O<sub>2</sub> - вместо гётита из раствора выпадал пирит. А так как его никогда не было, а есть только гётит, следовательно, аллофан-гиббситовые образования никогда не перекрывались осадочными породами мезозоя, создававших восстановительные условия.

---

0, № 7. - С. 36-39.

<sup>35</sup> Карпов И.К. Физико-химическое моделирование на ЭВМ в геохимии - Новосибирск: Сиб. Отд.- 1981.- 247 с.

. Отд.- 1981.- 247 с.

<sup>36</sup> Ваньшин Ю.В., Копейкин В.А. Физико-химическое моделирование на ЭВМ процесса формирования аллофан-гиббситовых образований Нижнего Поволжья: Тез. докл. II Всесоюз. совещ. Физико-химическое моделирование в геохимии и петрологии на ЭВМ. - Иркутск, 1988. Ч.2. - С. 35-36.

988. Ч.2. - С. 35-36.

<sup>37</sup> Ваньшин Ю.В. Физико-химическое моделирование на ЭВМ процесса сернокислотного выветривания: Тез. докл. науч. конф. «Геологические науки-98». - Саратов: ГосУНЦ Колледж, 1998. - С. 21-22.

Поэтому искать их за пределами современных выходов на поверхность, пытаться нарастить площади распространения, следовательно, и запасы, бессмысленно.

11.1.2. Геохимические барьеры зоны гипергенеза – важнейший фактор, определяющий минеральные парагенезисы при сернокислотном выветривании.

Основные положения сернокислотной теории происхождения бокситов включают: окисление сульфидов с образованием  $H_2SO_4$ , воздействие её на каолиновое ядро, вынос глинозёма и осаждение его на карбонатных породах<sup>38</sup>.

С вводом А.И. Перельманом одного из основных понятий геохимии – геохимические барьеры – стало возможным объяснять многие аномальные концентрации химических элементов в зоне гипергенеза, в том числе и высокоглиноземных образований [36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 56, 57, 58, 59, 66. 83].

Сернокислотное выветривание диагностируется по присутствию минеральных ассоциаций, состав которых определяется типом геохимических барьеров, возникающих на пути сернокислых растворов, обогащенных Al, Si<sup>39</sup>.

Сернокислотные процессы широко проявляются в современных природных ландшафтах. Они активизируются в результате деятельности человека: вывод в зону аэрации при карьерной эксплуатации колчеданных месторождений, добыче и переработке горючих сланцев, угля, строительстве инженерных коммуникаций (трубопроводов) в пирит содержащих глинистых породах. Поэтому в последние десятилетия их изучение стало актуальным.

Экспериментальные исследования по кинетике химических реакций сернокислотного выветривания, включающих изучение природных объектов, проводились многими учеными [255, 256, 257, 308]. Известны фундаментальные труды по минералогии зон окисления колчеданных руд<sup>40, 41, 42</sup>.

---

дж, 1998. - С. 21-22.

<sup>38</sup> Гарецкий Ю.К. Некоторые черты генезиса и основные закономерности размещения бокситовых месторождений // Советская геология. - 1947. № 14,15.

гия. - 1947. № 14,15.

<sup>39</sup> Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов (зона гипергенеза). - М.: Наука, 1968. -331 с. Наука, 1968. -331 с.

<sup>40</sup> Bandy M.C. Mineralogy of three sulfate deposits of Northern Chile // Amer.Mineral. -1958. 23, - P. 671-759.

В работе дана характеристика минеральных парагенезисов, возникающих при сернокислотном выветривании на геохимических барьерах (испарительный и щелочной). В нашем регионе, этот процесс, начавшись в среднем плейстоцене, в результате проявления неотектонических поднятий, продолжается и поныне.

Рассмотрим три примера проявления сернокислотных процессов в Поволжье: 1. Современные источники сернокислых растворов; 2. Локальные скопления сульфатных минералов Al и Ca вокруг карбонатных конкреций, залегающих в пирит содержащих глинистых породах J<sub>2</sub> возраста; 3. Гётит-аллофан-гиббситовые образования в местах выходов карбонатных пород C<sub>2-3</sub> возраста, окружённых пирит содержащими юрскими глинами [56, 59].

В первом, современном, он связан с сернокислотными источниками. Минералы образуются на испарительном геохимическом барьере (алюминиевые квасцы, пиккерингит, старкиит, эпсомит и т.д.). Второй: сульфаты кальция и алюминия, и др., могли образовываться от среднего плейстоцена по настоящее время. Третий: гётит-аллофан-гиббситовая минеральная ассоциация сформировалась в среднем плейстоцене.

Все объекты приурочены к областям интенсивных (до +900 м) проявлений локальных поднятий в новейший этап тектогенеза.

Скопления гётита, аллофана, гиббсита приурочены к сводовой части одной из брахиантиклинальных структур (Жирновско-Бахметьевская), входящей в систему Доно-Медведицкий дислокаций. Карбонатные породы прослеживаются на поверхности в промоинах, руслах рек и в карьерах. Участками они перекрыты маломощными (1-20 м) песчаными отложениями средней юры (байосс) или четвертичными суглинками. По периферии этих выходов стратиграфически выше по разрезу залегают пиритсодержащие глинисто-алевритовые породы бат-келловейского возраста.

---

8. 23, - Р. 671-759.

<sup>41</sup> Смирнов С.С. Зона окисления сульфидных месторождений. - М.: АН СССР. 1955. - 336 с. СССР. 1955. - 336 с.

<sup>42</sup> Яхонтова Л.К., Грудев А.П. Минералогия окисленных руд. Справочное пособие - М.: Недра, 1987. - 198 с.

В результате неотектонических поднятий, на поверхность вышли, сформированные в раннем мезозое, разнообразные по морфологии карстовые формы (воронки, поноры, колодцы и т.д.) (см. раздел 3.3.1.1), часть из них претерпела переформирование в четвертичное время. Оно проявилось в обрушении перекрывающих осадочных пород ( $J_2$ ), заполнении четвертичными суглинками, послонным выщелачиванием карбонатных пород, с образованием карбонатной муки [69]. Взаимоотношение высокоглинозёмных минералов с самими карстовыми формами и с их заполнением (глины  $J_2$  возраста, четвертичные суглинки, карбонатная мука и споро-пыльца) подтверждают их среднеплейстоценовый возраст<sup>43</sup>.

Локальные скопления высокоглинозёмных минералов обнаруживаются вокруг карбонатных конкреций (сидерит, глинистый известняк), залегающих среди бат-келловейских песчано-глинистых пород, а также вблизи сернокислых источников.

**I.** Сернокислотное выветривание начинается при выпадении атмосферных осадков на участках близ поверхностного (или на поверхности) залегания пиритсодержащих  $J_2$  глинистых пород. Фильтруясь через них, они изменяют свой химический состав и кислотность [58] за счёт окисления сульфидов при участии тионовых бактерий (*Thiobacillus ferrooxidans*, *Th. thiooxidans* и др.). При окислении сульфидов (пирит, марказит) образуется  $H_2SO_4$ . Как известно, окисление пирита зависит не только от концентрации растворенных веществ и парциального давления  $O_2$ , но и от микроорганизмов<sup>44</sup>. Растворы, насыщенные серной кислотой, воздействуют на каолинит-монтмориллонит-гидрослюдистые глины  $J_2$  возраста и выщелачивают из них Al и Si. Механизм перехода Al в подвижное состояние доказан в лабораторных и природных условиях [255, 290]. Этот опыт нами был повторен в лабораторных условиях. Содержание Al в

---

Недра, 1987. - 198 с.

<sup>43</sup> Ваньшин Ю. В. К вопросу о возрасте высоко глинозёмных образований Нижнего Поволжья // ДАН СССР.- 1989. Т. 307, №4. -С. 933-936. 07, №4. -С. 933-936.

Singer P.C., Stumm K. Acidic mine drainage. The rate determining step. – Science, 1970.- Vol.167, № 3921. - P.112-1123.

пробах воды, взаимодействующей с пиритизированными глинистыми породами, возрастало в сотни раз. Реакция через 10 суток и при  $t +20^{\circ}\text{C}$  протекала бурно и сопровождалась выделением пузырьков газа.

На первом этапе (инфильтрационном) содержание Si в растворах было незначительным. Это подтверждается тем, что на поверхности карбонатных конкреций, формируются: гипс, алуни́т, алюминит, базалу́минит (сульфатные формы Al и Ca). Аллофан, подтверждающий наличие концентраций Si в растворе, не встречен. Карбонатные конкреции являются локальным щелочным геохимическим барьером (тип Д<sub>1</sub>). Присутствие пирита в выше залегающих глинах резко сокращается (присутствует лимонит). В то время как, состав тяжелой фракции из образцов скважин с глубины 100 м, на 100% сложен пиритом. Отмечаются кристаллы, тонкозернистые прожилки и примазки гипса.

Установлена закономерность: на сидеритовых конкрециях образовывался алуни́т, на глинисто-карбонатных – алюминит, гипс, с подчинённым количеством базалу́минита. Вероятно, что не состав конкреций, определял выявленный парагенезис, а продолжительность и время их образования, климатические условия и минеральный состав вмещающих глин. Гидрослюдистые глины разрушались под действием  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , калий попадал в раствор, что и приводило к образованию алуни́та и ярозита (обн.79).

Соотношение между алюминитом и базалу́минитом, как правило, всегда в пользу первого. Тем более что базалу́минит метастабилен во всем диапазоне рН растворов, а оба метастабильны по отношению к алуни́ту [317]. Следовательно, присутствие только алуни́та, может предполагать более ранний этап его образования, в сравнении с теми случаями, где обнаруживаются только алюминит и базалу́минит.

**II.** При выходе вод в виде родников, формируется другой минеральный парагенезис. Источник (р. Дон, ст. Сиротинская). Химический состав вод: кислые, сульфатные, кальциево-магниевые, с минерализацией 2-3,8 г/л, содержащие (в мг/л)  $\text{SO}_4$  - 2253-4196, рН - 3,3-4,1. Наряду с Ca (810) и Mg (до 240), присутствуют - Al (131-497), 30-60% содержания катионов и кремниевая



кислота (81,2) [85]. Определения Al из пробы источника - 200 мг/л. Она токсична (в ручье обнаружены погибшие лягушата - 3.фото 11.1.2.-3).

У кислых источников (1.фото 11.1.2.-1.) при отсутствии карбонатных пород на испарительном геохимическом барьере (типа F<sub>1</sub>), образуются новые минеральные парагенезисы, представленные различными квасцами<sup>45</sup>. Корочки минералов в виде плёнок и выцветов присутствуют повсеместно на поверхности обнажающихся пород (2.фото 11.1.2.-2).

Среди минералов обнаружены: натриевые квасцы, тамаругит, пиккерингит, эпсомит, гипс. Недостаточно надежно установлен старкиит; алунит определён только по отдельным рефлексам на рентгенограмме.

**Натриевые квасцы** (синонимы: сольфаторит, сода алюминиевая, квасцы алюминиевые) -  $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . Все квасцы встречаются только как продукты испарения в засушливых областях или местах, защищенных от влаги, в виде налётов и выполнения трещин в глинистых породах, содержащих пирит или марказит. Собственно термин - натриевые квасцы, с химической формулой (см. выше), применяется для обозначения искусственного соединения с кубической сингонией, место находений в природе которых, «практически, неизвестно» [125]. Из-за лёгкой потери части кристаллизационной воды, он переходит в мендоцит -  $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ , затем в тамаругит -  $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Поиски сведений о находках натриевых квасцов в природных условиях, 1дали весьма ограниченный результат. Лишь в работе D.K. Nordstrom [317] найдена ссылка на van Breemen [311], наблюдавшего натриевые квасцы совместно с другими минералами в выцветах, образующихся во время сухого сезона на кислых сульфатных почвах Таиланда.

Приводим материалы, позволившие уверенно диагностировать природные натриевые квасцы [59, 66]. Под биноклем: бесцветные, спутанно-волоконистые и радиально-лучистые агрегаты. Показатель преломления  $N=1,478$

---

№ 3921. - P.112-1123.

□ Пилипенко Н.Н. Сульфаты горы Соколовой у Саратова / Уч. зап.-1926. Т.VI, вып.Ш. Саратовский университет. -С. 167-179.

(искусственный, N=1,439). Возможно, что разница обусловлена присутствием тамаругита (N=1,48). Сравнение рентгенографических характеристик этих минералов, показало их полную сопоставимость (см. табл. 11.1.2.-1).

Результаты электронно-зондового изучения всех морфологических форм, встреченных в исследованных образцах, дали основание отнести к природным Na квасцам образования, напоминающих отдельные ограниченные бокалы с отверстиями в их вершинах (1.фото 3363). По форме кристаллов, с высокой степенью вероятности, они могут быть отнесены к минералам кубической сингонии. Известно, Na квасцы, полученные искусственным путем, имеют октаэдрический облик, близкий к формам изображенных на фото. Мысленное продолжение их граней к вершинам, отсутствующих из-за выемок, позволяет представить одну из вершин октаэдра. Вторая вершина не проявлена, этой частью минерал прикрепляется к субстрату. Состав соответствует, Na квасцам, подтвержденный рефлексами Na, Al, S на ЭДС (см. рис. 11.1.2.-2.).

**Тамаругит**  $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  определен в образце по рентгеновским характеристикам, близким к алюминиевой соде. Наличие на рентгенограмме в области малых углов слабого отражения  $d = 12.63 \text{ \AA}^\circ$ , характерного для тамаругита, подтверждает его присутствие. Близость двух рефлексов с  $d = 4,22 \text{ \AA}^\circ$  (интенсивность 100 баллов) и  $d = 4,21 \text{ \AA}^\circ$  (интенсивность 80 баллов), характерных для тамаругита и одного отражения  $d = 4,24 \text{ \AA}^\circ$ , даёт основание считать вполне возможным присутствие в образце алюминиевой соды.

Тамаругит моноклинной сингонии. Облик кристаллов таблитчатый по (010) или короткопризматический по (001), встречается также в виде волокнистых или скрытокристаллических масс [17]. Этому облику наиболее соответствуют минеральные скопления на двух фотографиях. При малом увеличении (1.фото 3366,х40) тамаругит представляет собой землистые образования, не имеющих ярко выраженных кристаллических форм (центральная часть фото). При более высоком увеличении этого же участка образца (2.фото 3367,х440) просматривается листоватая форма отдельных

С. 23-24347

кристаллов, собранных в комковатые агрегаты. ЭДС из них подтверждает аналогичный с На квасцами химический состав Na, Al, S.

**Пиккерингит**  $MgAl_3(SO_4)_2 \cdot 22H_2O$ , магнезиальные квасцы, игольчатые по (001);[125]. Присутствие минерала установлено на РЭМ снимках (1.фото 3366, 2.фото 3365): образует скопления удлинённых кристаллов, размерами  $n \cdot 10$  микрон, с ребристой поверхностью. Толщина их постепенно уменьшается от прикрепленного конца до иглообразной вершины, напоминающие собой

Фото 11.1.2.-1

11.1.2.-2.

11.1.2.-3

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Таблица 11.1.2.- 1.

Рентгенограмма Na квасцов (1 – искусственный, по В.И.Михееву, 1957; обр. 80/2 природный, из корочки, ст. Сиротинская)

№	1		80/2	№	1		80/2
	<i>I</i>	D/n	d/n		<i>I</i>	d/n	d/n
1	10	4,23	4,23	10	2	2,32	2,31
2	5	3,98	3,97	11	2	2,19	2,19
3	7	3,65	3,66	12	1	2,04	2,05
4	1	3,15	3,16	13	3	1,90	1,905
5	1	3,05	3,03	14	2	1,82	-
6	1	2,90	2,90	15	2	1,75	1,759
7	2	2,72	2,71	16	2	1,69	1,704
8	1	2,60	-	17	4	1,62	1,625
9	2	2,47	-	18	2	1,50	1,508

листья пальмы. Каждый кристалл в утолщённой части имеет полуовальную форму. Химический состав по ЭДС – Mg, Al и S.

**Эпсомит**  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , ромбической сингонии, также как и пиккерингит, выявлен на РЭМ снимках по характерным дырчатым ромбоэдрическим пластинкам с ясной спайностью, собранные в бокаловидные формы (З.фото 3364). Аналогичная форма кристаллов установлена Б.И.Сребродольским [257], наблюдавшего скопления эпсомита в виде отдельных бокальчиков, иногда

дырчатых. Химический состав кристаллов по данным ЭДС: Mg и S.

**Старкиит**  $MgSO_4 \cdot 4H_2O$ , моноклинной сингонии [178]. Присутствие данного минерала вполне вероятно, так как эпсомит легко обезвоживается на воздухе в обычных условиях и переходит в шестиводную соль (гексагидрит) [125]. Вполне логично ожидать и появление пятиводной соли (пентагидрит) и четырехводной – старкиита. Для последнего характерны спутанно-волокнистые скопления [см.сноску стр.340], которые видны на РЭМ снимках (1.фото 3366, 2.фото.3365). Химический состав: Mg и S, определённый по ЭДС, со всего поля снимка.

**Алунит**  $KAl_3(SO_4)_2 \cdot (OH)_6$  - тригональной сингонии. Этот минерал, так же как и квасцы (без подразделения), на данном объекте, впервые были отмечены В.С.Васильевым и М.Г.Кондратьевой [85]. Он не образует значительных скоплений и определён только по данным рентгеновского анализа. Из приводимых главных линий для алунита на рентгенограммах: 2,970; 1,891; 1,738 [181], по нашим данным только две: 4,93 и 2,96 Å<sup>0</sup> могут указывать на его присутствие.

**Гипс**  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . В незначительных количествах установлен на РЭМ снимках в виде отдельных удлиненных кристаллов, химический состав которых по ЭДС – Ca и S. Макроскопически установлен повсеместно.

Таким образом, в природных условиях на испарительном геохимическом барьере – F<sub>1</sub>, с высокой степенью надёжности впервые в России обнаружены натриевые квасцы.

**III.** При дальнейшем движении больших объёмов растворов и в случае достижения ими карбонатных пород формируются более крупные по масштабам скопления высоко глинозёмных минералов [262]; бокситы тульского типа [29], хемалиты [179].

Все известные местонахождения хемалитов связаны с карбонатными породами. Взаимодействие кислых сульфатных вод, содержащих аномальные концентрации Al и Si, с карбонатами (щелочной геохимический барьер типа D<sub>1</sub> и кислый E<sub>3</sub>), приводит к формированию гётит-аллофан-гиббситовой

минеральной ассоциации.

Большой интерес такие кислые источники (и даже речки) представляют собой как одно из доказательств вероятного механизма образования высокоглинозёмных скоплений гётит-аллофан-гиббситового состава. Они известны в целом ряде регионов и с ними связывались определенные надежды на алюминиевое сырьё (бокситы). Особенно это наглядно проявилось с Подмосковными бокситами, история поисков которых насчитывала многие десятки лет [16,180, 282]. Такая же ситуация складывалась и с глинозёмными образованиями в Сибири [291,292, 295, 296], в Поволжье [32, 33, 34, 35, 38, 39].

В Поволжье такая минеральная ассоциация установлена в районе г. Жирновска, Волгоградской области. Её возраст позднее, с учетом анализа неотектонической истории региона и палинологической находки, определён как средний плейстоцен <sup>65</sup> [сноска стр.342]. По механизму образования она является инфильтрационно-хемогенно-метасоматической и локализована в контактовой зоне известняков  $C_{2-3}$ , с перекрывающими их проницаемыми песками байосса или  $Q$  суглинками. Вниз по разрезу наблюдается (2-5 м) изменение интенсивности замещения известняков высокоглинозёмными минералами. На первом этапе взаимодействия вод ( $pH < 4$ ) с известняками появляются гипс, базальюминит, фельшёбаниит, алюминит, метабазальюминит, паральюминит.

При снижении кислотности растворов  $pH > 5,7$  образуются гиббсит, аллофан, галлуазит, гётит. Затем при дальнейшем возрастании  $pH$  до 6,5-8,5 идёт формирование алюмогидрокальцита, нордстрандита, бёмита. Вполне возможно, что последовательность образования этих минералов в природных условиях более сложная. Макроскопически высокоглинозёмные образования представлены земистой, рыхлой массой гётит-аллофан-гиббситового состава, светло-серого, реже белого или охристого цвета, с многочисленными гнездами, прожилками, линзами белого цвета, состоящих из аллофана и гиббсита. Вниз по разрезу наблюдается быстрое изменение интенсивности и характера локального замещения, карбонатных пород высокоглинозёмными минералами.

Приведём характеристику галлуазита, так как впервые удалось

проследить ряд стадий перехода аллофана в галлуазит [43, 44, 45, 77].

**Галлуазит** относительно редкий по встречаемости минерал. Он, как правило, тесно связан с **аллофаном**, за счёт частичной, а в ряде случаев и полной, раскристаллизации которого он образуется. Рентген анализ показал, что имеются две его разновидности: 10А - галлуазит и 7А – метagalлуазит (обезвоженная разновидность). Изучение в иммерсионных препаратах показателей преломления образцов содержащих аллофан и галлуазит позволило установить следующие варианты взаимоотношения этих двух минералов между собой: 1 - мономинеральные скопления галлуазита (очень редки); 2 - в основной массе галлуазитового состава присутствуют обломки аллофана; 3 - отдельные, разобщённые между собой зёрна аллофана, галлуазита и гиббсита; 4 - частичная раскристаллизация аллофана в галлуазит (очень часто); 5 - плёнки аллофана с галлуазитом покрывают кристаллы гиббсита. В шлифах, помимо названных примеров, отмечены и некоторые другие особенности: 1 - в основной массе, сложенной гиббситом, по трещинам развивается аллофан, частично раскристаллизованный в галлуазит; 2 – слабо раскристаллизованный галлуазит, в основной массе которого содержатся отдельные глинистые чешуйки неопределённого состава; 3 - по галлуазиту в трещинах развивается, скрыто кристаллический гиббсит, корродирующий галлуазит. Установлено, что, всего лишь в течение несколько часов, идёт процесс перекристаллизации аллофана в галлуазит. На стенках по трещинам известняков за счёт испарения поровых растворов образуется пушистый белого цвета. Состав: в основной массе сложенной тонкодисперсными карбонатом различаются зерна аллофана (п.п.1.475) частично раскристаллизованного в галлуазит (п.п.1.520). С помощью рентгеновского микроанализатора и энерго-дисперсионной приставки более детально изучено взаимоотношение между аллофаном и галлуазитом. На фотографиях отчётливо прослеживаются следующие стадии галлуазитизации аллофана. При этом необходимо подчеркнуть одновременное существование на субмикроскопическом уровне (первые микроны), самых разнообразных по степени раскристаллизации глобул

аллофана, а также гиббсита, галлуазита, алюмогидрокальцита и других минералов. Размеры глобул аллофана изменяются от долей микронов, в этих случаях образуют отдельные скопления, создающих «икряную» структуру (правый, верхний угол, фото 2414), до 0,1-0,2 и более микрон. Крупные глобулы состоят из более мелких, что создает бугорчатую поверхность последних (фото 2261). Последовательность раскристаллизации аллофана начинается с образования сахаровидного облика поверхности глобул (фото 2266), затем она становится губчатой, но в центре глобул сохраняется массивный облик (фото 2419 - срез глобулы (5) в центре снимка). Затем степень изменения глобулы возрастает, что приводит к увеличению внутриглобульного порового пространства, создающего губчатый облик всей глобулы (фото 2419, верхняя часть от центра снимка). Завершаются эти преобразования скоплениями разно ориентированных, укороченных трубочек (фото 2414, центральная часть (3)), сохраняющих первичные контуры расположения глобул неизменённого аллофана. Видно, что трубочки галлуазита не имеют ровных поверхностей. Они изгибаются, некоторые с пережимами и утолщениями. Вероятно, что такая форма кристаллов обусловлена достаточно высокой неупорядоченностью кристаллической структуры «материнского субстрата» - аллофана.

Практически близкий химический состав аллофана и галлуазита по кремнию и алюминию подтверждают данные 18 ЭДС из отдельных точек образцов (кристаллов) и по полю их развития (см. рис 11.1.2 .-3.).

Таким образом, образование галлуазита происходит за счёт раскристаллизации аллофана, который в свою очередь образуется из алюмокремниевого геля. Переход в галлуазит осуществляется в несколько стадий, морфологически проявленных в характерных изменениях. Полученные результаты показывают, что раскристаллизация может происходить очень быстро, в течение нескольких часов.

Одновременное нахождение нескольких морфологических генераций одних и тех же минералов, таких как аллофан и различных модификаций галлуазита ( $10\text{A}^{\circ}$  и  $7\text{A}^{\circ}$ ), позволяют сделать вывод о существовании локальных



С. 23-24353

условий минералообразования на субмикроскопическом уровне. Об этом же может свидетельствовать большое разнообразие характера взаимоотношений минералов между собой. Хорошая сопоставимость по морфологии и характеру взаимоотношений между собой аллофана и галлуазита во всех образцах, в том числе и современном «пушистом налёте», с учётом маловероятной сохранности аллофана в породах мезозойского возраста [298, 299], дают основание высказать мнение об их четвертичном возрасте. Вывод вполне увязывается с историей

Фото 3363, 3367, 3364, 3369 (есть. вставить)

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24354

Фото 3366

Фото 3365

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24355

Фото 2415

Фото 2417

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24356

Фото 2266

Фото 2419

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

С. 23-24357

Фото 2414

Фото 2261

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

**Фото 2262**

Рис 11.1.2.3 (2)

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

формирования Доно-Медведицких дислокаций, где они распространены, а также и по палинологическим данным.

Близость минерального, химического составов высоко глинозёмных образований Поволжья с Подмосковными бокситами обусловлена общим механизмом и временем их формирования в кайнозое. Именно этим и обусловлены отрицательные результаты многолетних поисков промышленных месторождений данного типа в Центральных районах России.

11.2. Новейшая тектоника и сульфидная минерализация. Гидротермальная минерализация и декоративные кальциты - индикатор разрывных нарушений.

11.2.1. Образование сульфидных минералов в зоне влияния нефтяных и газовых залежей.

При исследовании нефтяных районов Урало-Поволжья (месторождения Ромашкино, Гуймазы), территории лишённую магматических проявлений, в образцах из пород девонского и каменноугольного возрастов были обнаружены: ангидрит, гипс, кальцит, сфалерит, халькопирит, пирит, марказит, сидерит, кварц, фосфаты, анатаз, анкерит, барит, доломит, целестин, флюорит. Присутствие этих минералов в коренных породах и приуроченность их ореолов рассеяния к дизъюнктивным нарушениям позволили прийти к выводу о проявлении гидротермального процесса в Урало-Поволжском нефтяном районе.

Установлено, что ореолы рассеяния перечисленных минералов совпадают в плане с площадями нефтегазовых или нефтегазоперспективных структур, выявленных бурением и геофизическими работами.

В связи с этим, специалистов заинтересовала проблема связи сульфидов гидротермального генезиса с залежами нефти и газа. Находки сульфидных и сульфатных минералов в районе нефтяных и газовых месторождений, располагающихся в осадочных породах, и наоборот, находки твердых и жидких битумов, газовых выделений и сероводородных источников в районах ртутных и полиметалльных месторождений, локализованных в осадочных, метаморфических, эффузивных и интрузивных породах, известны с конца прошлого столетия. По мере накопления фактического материала возникли различные гипотезы, дающие теоретическое обоснование этим явлениям.

Одной из наиболее ранних и разработанных теорий, касающихся проблемы парагенезиса нефтяных месторождений и сульфатных проявлений, является теория А.С. Уклонского о парагенезисе серных и нефтяных месторождений [283]. Он пришёл к выводу, что при смешении нефтяных и обычных вод происходят обменные реакции, в результате которых в осадочных породах, вблизи нефтяных месторождений, образуются сульфиды железа, меди, свинца, цинка, молибдена, сульфаты бария и стронция, кремневые конкреции; трудно растворимые формы урана, ванадия. К этому же парагенному ряду минералов относятся флюорит, борсодержащие минералы. Нередко над разрушающимися нефтяными месторождениями образуются квасцовые шляпы и серные месторождения. Смешение вод наиболее интенсивно происходит близ тектонических нарушений.

А.С.Уклонский предложил новый, простой метод поисков нефтяных и серных месторождений: изучение парагенного ряда минералов серы и нефти, минералов шляпы серных месторождений и продуктов разрушения этих минералов с учётом геохимических типов вод. «Нахождение комплекса указанных минералов говорит за возможное нахождение серного и нефтяного месторождения» [283, стр. 265]. «Однако, в районах крупных месторождений



нефти, не бывает крупных месторождений серы. Так, где много серы - мало нефти там, где мало нефти - много серы» [283, стр.266].

Исходя из этих представлений, А.С.Уклонский выдвинул ряд новых районов перспективных на поиски нефтяных и серных месторождений. Большая часть из них была подтверждена разведочными работами. Отметим, что одними из таких районов является Поволжье.

В 1951-1959 г.г. по поводу генезиса обнаруженных минералов (ангидрит, гипс, кальцит, целестин, флюорит, пирит, пирротин, галенит, сфалерит, халькопирит) в девонских и каменноугольных отложениях нефтегазоносных структур Волго-Уральской области (Татария, Удмуртия, Башкирия) опубликованы работы Л.М. Миропольского, Г.Л. Миропольской [176, 177], М.А. Гаррис [101], К.Р. Тимергазина [263]. Авторы пришли к выводу о гидротермальном генезисе этих минералов, о тесной связи их с кристаллическим фундаментом и приуроченности к участкам тектонических нарушений. Указанные минералы устанавливаются по всему разрезу эйфельско-живетско-пашийских отложений, нередко в виде нескольких горизонтов: от карбонатно-глинистых до песчано-гравийных.

М.А. Гаррис установлено, что данная минерализация имеет определяющее значение для понимания тектонического строения платформенной части Башкирии, генезиса ряда структур, а также для изучения возможностей вертикальной миграции нефти.

Последователи теории А.С.Уклонского [208, 213] на основании изучения месторождений нефти, серных источников и движения артезианских вод Средней Азии приходят к выводу, что в парагенезисе с нефтяными месторождениями за счёт смешения нефтяных и артезианских вод и воздействия нефтяных вод на окружающие породы могут образоваться не только серные, но и месторождения ртутные, меди, свинца, цинка. В подтверждение своих взглядов В.И. Поповым приводится схематическая карта расположения артезианских бассейнов, серных источников, нефтяных и рудных (медь, свинец, цинк) месторождений.

Л.М. Лебедев<sup>46</sup> указывает, что на полуострове Челекен в буровых скважинах и в термальных источниках Челекенского йодо-бромного месторождения в больших количествах обнаружен самородный свинец. Он осаждается на стенках обсадных труб, забивает их, образуя пробки. В связи с этим дебит скважин сокращается до полного исчезновения. Всего по участку осаждалось до 300 т самородного свинца в год. Это позволило автору прийти к заключению, что на Челекене идёт процесс современного рудообразования. Совместно с самородным свинцом встречены кальцит, барит, пирит, сфалерит и галенит. Район является и газо-нефтеносной провинцией. Месторождение связано с антиклинальной асимметрической складкой широтного простирания. Для Челекенской структуры характерны несколько грязевых вулканов, к которым приурочены термальные источники.

В.А.Тищенко, в пределах Оренбургской и в Саратовской областей, в 1965-1970 г.г. обнаружил шлиховые ореолы рассеяния киновари и других сульфидов вокруг нефтегазоносных и солянокупольных структур<sup>49</sup>.

Авторами установлено, что в ряде случаев площадь шлиховых (аллювиально-пролювиальных) ореолов рассеяния перечисленных выше минералов совпадает в плане с площадями нефтегазоносных структур, выявленных бурением и геофизическими работами. Отмечена приуроченность 25 ореолов рассеяния указанных минералов к 32 достоверным структурам с прямыми или косвенными признаками нефтегазоносности. Опробование в пределах нескольких структур шлама глубоких скважин, коренных пород в естественных обнажениях или керна картировочных скважин, подтвердило присутствие киновари, сфалерита, галенита, арсенопирита, халькопирит барита, пирита, самородных свинца, цинка и меди. Они приурочены к разрывным нарушениям, имеющим связь с долгоживущими разломами.

---

ерситет. -С. 167-179.

□ Лебедев Л. М. и др. Челекенская рудообразующая система. – М.: Наука, - 1983. - 168 с. ука, - 1983. - 168 с.

49 Тищенко В.А., Молчанова Л.П Результаты поисково-ревизионных работ на киноварь и другие сульфиды в пределах Саратовской области. Отчёт Поволжской шлиховой партии по работам за 1970-1971 гг. Т.1. Саратов, 1971. / Фонды НИИГ СГУ. Саратов. - 172 с.

Н.А.Озеровой и Н.Х.Айдиньян<sup>50</sup> отмечается: «Подытоживая всё изложенное по осадочным породам, можно сказать следующее. В главных типах пород вне связи с гидротермальным сульфидным процессом не наблюдается повышенных содержаний ртути. В нормально-осадочном процессе эти содержания даже ниже кларка земной коры».

В обобщающей сводке по вопросу парагенезиса металлов и нефти в осадочных толщах нефтегазоносных бассейнов<sup>51</sup>, предложены генетические модели формирования оруденения, новые методы его прогноза и поисков, основанные на связи оруденения и нефтепродуцирующими формациями. Анализ многочисленных литературных материалов, показал, что разрывным нарушениям, принадлежит определяющая роль, в миграции рудо несущих растворов. Однако, среди опубликованной литературы, где исследователи не сомневаются о гидротермальном генезисе ртутных месторождений и рудопроявлений, известны работы, авторы которых не разделяют эту точку зрения. Одна из них посвящена находкам киновари, золота и т.д. в известняках Русской платформы. В нерастворимых остатках образцов известняков были обнаружены циркон, халькопирит, золото и киноварь. В.Д. Тимофеевым сделан следующий вывод: большая часть ртути принесена в обломочном виде текучими водами, а меньшая часть отложилась из растворов на органических остатках в застойных водах<sup>52</sup>.

Исследования по геохимии и металлогении ртути А.А.Саукова [232], В.Э. Пояркова [215], Н.А. Озеровой [194] позволили прийти к выводу, что ртуть обладает чрезвычайно высокой подвижностью в гидротермальных щелочных растворах, а в атомарном состоянии, в виде пара, имеет глубинное (мантийное)

---

ГУ. Саратов. - 172 с.

<sup>50</sup> Озерова Н.А., Айдиньян Н.Х. Ртуть в осадочном процессе // «Очерки геохимии эндогенных процессов» - М.: ИГЕМ АН СССР, Наука. - 1966. СССР, Наука. - 1966.

<sup>51</sup> Горжевский Д.И., Карцев А.А., Павлов Д.И. и др. Парагенезис металлов и нефти в осадочных толщах нефтегазоносных бассейнов. - М.: Недра, 1990. - 268 с. едра, 1990. - 268 с.

<sup>52</sup> Тимофеев В.Д. Киноварь, золото, халькопирит и циркон в известняках Русской платформы // Докл. АН СССР, том 131, №2. - 1960.

происхождение. Как правило, ртутная минерализация приурочивается к тектонически активизированным участкам земной коры.

Таким образом, большинство исследователей пришли к выводу о весьма вероятном гидротермальном генезисе сульфидных и сульфатных минералов в осадочных породах, о тесной связи их с кристаллическим фундаментом, нефтяными и газовыми залежами и приуроченности к участкам наибольших тектонических нарушений. А сам факт находок в овражно-балочном аллювии этого комплекса минералов при шлиховом опробовании в пределах Песчано-Умётской нефтегазоносной структуры (см. главу 6), в которой по морфометрическим показателям установлены разрывные нарушения, подтверждает этот вывод.

#### 11.2.2. Кальциты Поволжья – поисковый признак нефтегазовых месторождений и проницаемых разрывных нарушений.

Углеводороды, содержащиеся в минералах (сера, барит, кальцит), могут быть прямым признаком нефтегазовых залежей. Углеводородные соединения поступают в эти минералы или при их образовании, образуя газовой-жидкие включения, или после, заполняя при этом межзерновое пространство.

Трещиноватость карбонатных пород является необходимым фактором для поступления углеводородов из глубокозалегающих горизонтов.

Были изучены кальциты из двух районов: 1. г. Жирновск, Волгоградской области, на участке с месторождением нефти; 2. Пугачёвский район, Саратовской области, с. Березовое: месторождение декоративного кальцита.

Промышленная оценка Берёзовского месторождения проведена в 1977 году [231]. Оно изучалось и в последующие годы<sup>53</sup>. Залежь полезного ископаемого приурочена к зоне дробления северо-восточного простирания (Берёзовский разлом), в которой обломки доломитов сцементированы кальцитом. Цвет кальцитов: медово-желтый, коричневый с оттенками, белый.

Характерная радиально-лучистая структура, в сочетании с хорошей обрабатываемостью (полировка, резка), позволяют их использовать в качестве поделочного камня. Общим для обоих местонахождений кальцита является резкий запах нефти, который проявляется при их раскалывании. Близкими являются и геологические условия их залегания: зоны дробления, карстовые полости. В тектоническом отношении, они также сопоставимы. Оба приурочены к структурам, сформированным в новейший этап тектогенеза, поэтому здесь присутствуют выходы карбонатных пород каменноугольного и пермского возрастов на поверхность.

В районе Берёзовского месторождения установлен Иргизский разлом, который фиксируется и гравитационной ступенью. Он прослеживается до фундамента и, вероятно, является протерозойским, но неоднократно подновляемым в новейшее время. Присутствуют и другие тектонические нарушения: Пугачёвский сброс северо-восточного простирания, амплитудой поднятия северо-западного блока 30-40 метров.

В кальцитах обоих участков изучался характер распределения газожидких включений, их фазовый, химический и газовый состав. 99-97% всех включений гомогенно-однофазовые, жидкие. По химическому составу минералообразующие растворы однотипные: гидрокарбонатно-кальциевые. Минерализация: Пугачёвский - 33-51 мг/1000 г породы, Жирновский - 28-32 мг/1000 г породы.

Газовый состав включений: Жирновский –  $\text{CO}_2$  – 81-85%,  $\text{N}_2$  -7-11%,  $\text{CH}_4$  – 5-9%, Пугачёвский –  $\text{CO}_2$  – 69-93%,  $\text{N}_2$  – 7-18%,  $\text{CH}_4$  – 0-13%.

Анализ углеводородного состава газовой фазы кальцитов обоих участков (метод термогазохроматографии, аналитик Н.В.Швецова) дал наличие  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ , *i*- $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , *n*- $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_8$ , *i*- $\text{C}_5\text{H}_{12}$ , *n*- $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ .

Углеводороды, особенно, тяжёлые, указывают: на рассматриваемых территориях вероятно существование залежей УВ. В Жирновском они известны, в Пугачёвском, нет. Углеводороды Пугачёвского участка содержатся не во включениях минералов, а равномерно пропитывают межзерновое пространство

и поры. Это может служить доказательством раскрытия тектонических нарушений после образования декоративных кальцитов.

Возраст кальцита по данным споро-пыльцевых спектров на Пугачёвском участке неоген-четвертичный [231], на Жирновском, наиболее вероятный, среднеплейстоценовый<sup>45</sup> [см. стр. 342]. Следовательно, образование декоративного кальцита связано с активизацией тектонической деятельности в новейшее время. На основании этих данных в Пугачёвском районе следует ожидать находок месторождений УВ.

Таким образом, кальциты, являются индикаторами проницаемых разрывных нарушений, глубина которых может быть более километра.

### 11.3. Выводы.

1. Высоко глиноземная минерализация аллофан-гиббситового состава начала формироваться в среднеплейстоценовое время. Этот процесс стал возможным только после выхода на поверхность пирит содержащих глинистых пород средней юры, в результате неотектонических процессов, приведших к формированию Доно-Медведицких дислокаций. Неотектоника также приводит к изменению минерального состава и латеритных кор выветривания на Южном Урале [120].

Сернокислотное выветривание, при наличии щелочного геохимического барьера (карбонатные породы), приводило к образованию аллофана, гиббсита, сульфатных минералов алюминия (базальюминит, алюминит и др.). На испарительном геохимическом барьере шёл процесс современного образования минералов: алюминиевых квасцов, тамаругита, пиккерингита, эпсомита. Натриевые квасцы в природных условиях в нашей стране обнаружены впервые.

Таким образом, комплекс высоко глиноземных минералов является надёжным дополнительным показателем активизации неотектонических и современных процессов минералообразования.

2. Комплекс минералов, связанный с месторождениями УВ: киноварь,

С. 23-24367

пирит, барит, самородные: свинец, цинк и т.д., подтверждает проницаемость вероятных разрывных нарушений, сформированных в новейший этап тектогенеза.

3. Кальциты, присутствующие в карстовых полостях и зонах дробления, сформированных в новейший этап тектогенеза, содержат углеводороды, поступающих из известных (и неизвестных?) месторождений УВ. Это даёт основание считать их индикатором проницаемых тектонических нарушений.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой обобщение вопросов в области оценки экологической безопасности территорий, используемых для депонирования токсичных промстоков и промходов в недра Земли.

В ней дано обоснование, что при региональном районирования территорий с целью оценки её пригодности для подземного захоронения промстоков и промходов, наряду с общепринятыми критериями, целесообразно использование неотектонических показателей (направленности, интенсивности движений),

В диссертации обоснованы минералогические показатели неотектонической активности территорий и вероятной проницаемости геологических структур. Применение этих критериев: неотектоники и минералогических ассоциаций, повышает обоснованность и экономическую эффективность выбора наиболее благоприятных территорий (участков) для постановки последующих стадий геологических исследований с целью размещения ППЗП.

Обобщение собственного фактического материала и литературных данных позволило получить следующие выводы:

1. При региональной оценке территорий по степени пригодности для захоронения токсичных промстоков, в масштабах 1:1 000 000 и 1:100 000, предложено, помимо общеизвестных критериев оценки (наличие коллекторов, их изолированность, отсутствие месторождений), включить анализ истории неотектонического развития региона. Это позволит более обоснованно оценивать исследуемые территории.

На карте районирования Среднего и Нижнего Поволжья м-ба 1:1000000, выделены территории: 1. неблагоприятные, 2. условно неблагоприятные, 3. условно благоприятные, 4. благоприятные, 5. с невыясненными условиями, 6. территории, где нет коллекторов.

К благоприятным, относится территория при бортовой зоны Прикаспийской впадины, в пределах которой присутствуют карбонатные



резервуары, перекрытые соляной толщей.

2. Комплексная оценка территории, м-ба 1:100 000, Саратовского промузла позволила выделить 4 типа, различающихся по условиям захоронения промстоков: 1. благоприятные, 2. условно благоприятные, 3. условно неблагоприятные и 4. неблагоприятные. Каждый определен по сумме баллов основных признаков. **Благоприятные**, характеризуются присутствием в разрезе 3-х резервуаров с региональными покрывками; в тектоническом отношении приурочены к структурам с низкой степенью развития мегатрещиноватости (амплитуды новейших тектонических движений: до +350м). **Неблагоприятные** - территории промышленной и селитебной застройки, месторождений нефти, газа, крутые крылья флексур и территория, примыкающая к Волжской тектонической зоне.

Перспективными районами, при выборе мест для ПЗП (Саратовский промузел), рекомендованы территории в северо-западной части Елшано-Сергиевского вала в пределах поисково-разведочных площадей вне контуров промышленной нефтегазоносности. В юго-западных и западных частях такие территории, расположенные в пределах Карамышской впадины.

Дополнительными количественными критериями разделения участков по степени благоприятности, служит оценка степени (повышенной - пониженной) трещиноватости в условных единицах. Замеры трещиноватости, применение морфометрических методов, дешифрирование аэрокосмоснимков и т.д. позволили получить количественное подтверждение: чем выше амплитуда неотектонических движений, тем большее число трещин (мегатрещин), и, следовательно, возрастает вероятность образования проницаемых нарушений. Это подтверждается не только известной многоэтажностью (до 1700 метров) нефтегазовых залежей, но и присутствием гидрохимических аномалий, комплекса гидротермальных минералов: Hgs, FeS<sub>2</sub>, BaSO<sub>4</sub>, самородные: Pb, Zn, углеводородсодержащие кальциты.

3. Анализ неотектоники позволил полнее оценивать общую геологическую ситуацию, определяющую экологическую безопасность ряда

ППЗП: «Волжский Оргсинтез», г. Волжский, в Саратовской области: Песчано-Умётского ПХГ, Степновского ПХГ, Елшано-Курдюмского ПХГ, Соколовогорского, Гусельского, Лимано-Грачёвского месторождений УВ и ЦПТНГ «Смородинка». Наличие линейно вытянутых зон повышенной трещиноватости дало основание для пересмотра моделей ранее прогнозируемого радиального распространения промстоков.

Для ППЗП «Волжский Оргсинтез», размещение его в сводовой части Паромненской антиклинали над соляным куполом, признается неудачным. Эта часть структуры тектонически нарушена, что может способствовать латеральной и вертикальной миграции промстоков. Движения соляного купола в олигоцен-четвертичное время, привели к обновлению древних (мезозойских) тектонических нарушений. Современные тектонические движения приводят к увеличению проницаемости разломов, что фиксируется газовыми и гидрохимическими аномалиями, выраженностью соляного купола в рельефе.

Для Песчано-Умётской антиклинали, установлено сложное блоковое строение, подтверждаемое морфометрическим, минералогическим, геоморфологическим методами. Расположение ППЗП на юго-западном крыле менее благоприятно по сравнению с северо-западным крылом, в связи с развитием зон повышенной трещиноватости.

4. Доказана необходимость пересмотра применения модели радиального распространения закачиваемых промстоков и впервые разработана новая модель, основанная на анализе эллипсоида напряжений, построенного на лучах розы-диаграммы основных направлений трещиноватости. Предлагается: при определении конфигурации фронта распространения промстоков, учитывать данные морфоструктурного и структурно-трещинного анализов. При этом:

а. при простом тектоническом строении – ореол распространения промстоков рассчитывается по основным параметрам эллипса, площадь которого соответствует площади ореола при расчетах по модели поршневого выдавливания, а вытянутость пропорциональна величинам основных направлений трещин или линеаментов;

б. при сложном тектоническом строении - контур должен иметь сложную конфигурацию, определяемую серией эллипсов, по параметрам всех направлений трещиноватости.

5. Оценка совместимости сточных вод с пластовыми водами и породами основывается на проведении расчетов методом математического моделирования физико-химических процессов на ЭВМ по ПК «Селектор». Результаты моделирования приводятся в графической форме, позволяя оценить направленность гидрогеохимических процессов.

Как видно из проведённого анализа стоки, генерируемые при сепарации нефти для последующей закачки, не представляют какой-либо серьезной угрозы при взаимодействии с коллекторами (карбонатные и алюмосиликатные) и водами содержащиеся в них.

6. Геологическая модель карбонатного резервуара Соколовгорского ППЗП выполнена с использованием модулей ПК **IRAP RMS** компании **ROXAR**:  $RMS^{Base}$ ,  $RMS^{Geoform}$ ,  $RMS^{Geomod}$ . Стадии построения полей коллекторских свойств предшествовала обработка каротажных кривых, поиск зависимости между петрофизическими параметрами. При задании модели вариограммы учитывался тензор неотектонической трещиноватости.

Гидродинамическое моделирование по оценке эксплуатационной ёмкости объекта закачки и обоснованию контура растекания промстоков выполнено с использованием модуля  $RMS^{Stream}$ , интегрированный в ПК **IRAP RMS** компании **ROXAR**. Расчёт контура растекания сточных вод в модуле  $RMS^{Stream}$  основан на решении стационарного уравнения фильтрации однофазной жидкости для каждой ячейки гидродинамической сетки.

Результаты прогнозных расчётов контура растекания СВ показали: он имеет форму эллипса, с северо-западной ориентировкой, в соответствии с тензором неотектонической трещиноватости и может служить основой при оформлении горного отвода под ППЗП.

7. Галогенные формации обладают необходимыми свойствами обеспечивающих надёжную изоляцию продуктов УХО. Перспективными

участками для строительства подземных захоронений токсичных отходов в солянокупольных областях являются тектонически неактивные купола и соляные подушки в пределах межкупольных зон.

Предварительный анализ территории Саратовского Заволжья (Прикаспий) показал, что в её пределах есть участки благоприятные для реализации мероприятий по подземному захоронению продуктов УХО. Очевидна экономическая целесообразность варианта строительства полигона в солях, который на порядок дешевле варианта хранения в наземных условиях.

8. Гётит-аллофан-гиббситовые минералы Поволжья сформировались в среднеплейстоценовое время. Это стал возможным только после выхода на поверхность пирит содержащих глинистых пород  $J_2$  в результате неотектонических процессов.

Сернокислотное выветривание, при наличии щелочного геохимического барьера (карбонаты), приводило к образованию аллофана, гиббсита, базальюминита, и др.). На испарительном геохимическом барьере идёт процесс образования: натриевых алюминиевых квасцов, тамаругита, и т.д. **Натриевые квасцы в природных условиях в нашей стране обнаружены впервые.**

Таким образом, изученный комплекс высоко глинозёмных минералов является надёжным индикатором неотектонических и современных процессов.

Минералы: киноварь, пирит, барит, самородные медь, свинец, цинк и т.д., подтверждают проницаемость разрывных нарушений, сформированных в новейший этап тектогенеза.

Кальциты, присутствующие в карстовых полостях и зонах нарушений, сформированных в новейший этап тектогенеза, содержат углеводороды, поступавших из известных (и, возможно, неизвестных) нефтегазовых месторождений. Это даёт основание считать их надёжным индикатором проницаемых тектонических нарушений.

9.. Доказана отрицательная оценка перспектив юго-восточной части Восточно-Европейской платформы на высокоглинозёмные руды, что позволило избежать затрат для проведения геологоразведочных работ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Айзенштадт Г.Е.-А. О структурной зональности солянокупольной области Северного Прикаспия. // Геология нефти и газа. - 1959. № 8. С. 38-42.
2. Акимова А.А., Синяков В.Н. и др. Картографирование зон повышенной проницаемости геологической среды в солянокупольных областях. / В кн.: «Проблемы специализированного геоморфологического картографирования». Волгоград, 1996. С. 112-114.
3. Акимова А.А., Волгина А.И. Прогнозирование проницаемых зон земной коры // Геоэкология. - 1997. №4. С. 77-82.
4. Аксенов А. А., Гончаренко Б Д. и др. Нефтегазоносность подсолевых отложений. - М.: Недра, 1985. 205 с.
5. Анисимов Л.А. Современное состояние проблемы захоронения отходов в геологические формации. // Инженерная геология. – 1990. №6. С. 3-10.
6. Анисимов Л.А., Ваньшин Ю.В., Пролёткин И.В. и др. Принципы районирования территории Поволжья по условиям захоронения промстоков. / Тез. докл. конференции «Экологические проблемы Волги». Ч.1. Саратов, изд. СГУ, 1989. С.106-107.
7. Анисимов Л. А., Ваньшин Ю.В., Пролёткин В.И. Кукин А.Н. «Изучение карбонатных и галогенных пород палеозоя Нижнего и среднего Поволжья с целью выделения зон, перспективных для захоронения промстоков». Отчет по теме за 1986-90 гг., в 2-х книгах. / Фонды НИИГ СГУ. Саратов: 1990. 236 с.
8. Анисимов Л. А., Пролёткин И. В. Ваньшин Ю.В. и др. Проблема захоронения промстоков в геологические формации. / «Экологические проблемы Саратовской области». Саратов: СГУ, 1990. С. 63-66.
9. Анисимов Л.А., Пролёткин И.В., Ваньшин Ю.В. и др. Оценка карбонатных резервуаров палеозоя Нижнего Поволжья с точки зрения захоронения жидких отходов. // Недра Поволжья и Прикаспия. Саратов. – 1992. вып. 2.С. 74-82.
10. Анисимов Л.А., Московский Г.А. и др. Оценка соленосных отложений

Прикаспийской впадины в качестве депонирующей среды для отходов и продуктов / «Проблемы подземного захоронения промстоков» / Отв. ред. Ю.В.Ваньшин. - Саратов: ГУНЦ «Колледж», 2000. С. 57-60.

11. Антыпко Б.Е., Кубынина Э.И. и др. Региональная оценка гидрогеологических условий захоронения промышленных сточных вод в глубокие водоносные горизонты на территории СССР. / Тем. сб.: «Гидрогеологические вопросы подземного захоронения промстоков», под ред. В.М. Шестакова, М., ВСЕГИНГЕО, 1969, вып.14. С. 174-179.

12. Антонов П. Л., Гладышева Г. А. и др. Диффузия углеводородных газов сквозь каменную соль // Геология нефти и газа. - 1958. № 20 (2). С. 47-49.

13. Аристархова Л.Б. Роль геоморфологических критериев при выявлении разломов глубокого заложения в «закрытых» платформенных регионах (на примере Прикаспийской впадины) // Геоморфология. – 1981. №1. С. 41-50.

14. Аширов К.Б. Геологическая обстановка формирования нефтяных и нефтегазовых месторождений Ср. Поволжья. / Тр. Гипростокнефть. М.: Недра. - 1965, вып. V111. 171 с.

15. Багов М. С., Кузьмичев Д. Н. Экспериментальные исследования пород нефтяных коллекторов в условиях, близких к пластовым / Коллекторские свойства пород на больших глубинах. - М.: 1985. С. 221-226.

16. Бардошши Д. Карстовые бокситы. – М.: Мир, 1981. 320 с.

17. Бетехтин А.Г. Минералогия. - М.: Госгеолтехиздат, 1950. 956 с.

18. Белецкая И.П., Новиков С.С. Химическое оружие в России // Вестник РАН. –1995. т. 65. № 2. С. 99-111.

19. Белицкий А.С. Охрана природных ресурсов при удалении жидких отходов в недра земли - М.: Недра. 1976. 145 с.

20. Бенедик А.Л., Иванов А.В. и др. Построение структурных моделей участков земной коры на разном иерархическом уровне. / Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. СО РАН, 1999. №5. С.31-41.

21. Болтрушевич Б.П., Филатова Т.И. Отчёт о гидрогеологических работах по изучению возможности подземного захоронения промстоков Саратовского

объединения «Нитрон» / Фонды ПГО «Гидроспецгеология». М.: 1978. 114 с.

22. Бондарева М.В., Курлаев В.И. и др. Геологическое строение и гидрогеологические условия северной части междуречья Волги и Медведицы (лист М-38-IV). Отчёт Саратовской гидрогеологосъёмочной партии по работам 1965-67 гг. / Фонды НИИГ СГУ. Саратов: 1967. 320 с.

23. Боярчук А.Ф. Результаты экспериментального изучения проникновения глинистых растворов в карбонатные коллекторы // Прикладная геофизика. - М.: Недра. - 1979. вып. 95. С. 190-199.

24. Бражников Г.А., Ларин А.П. и др. Тектоника и перспективы нефтегазоносности Волгоградской области. НИИНГ. /Фонды ВГЭ. Волгоград: 1963.

25. Бражников Г.А., Салов Ю.А. и др. Структурный план западной окраины Прикаспийской впадины / «Вопросы геологии и нефтегазоносности Волгоградской области» - Л.: Недра. - 1965. С. 181-199.

26. Бражников О.Г. Современные движения соляных структур / Поволжск. Экол. Вестник. - Волгоград: Комитет по печати. - 1996. вып. 3. С.106-113.

27. Бражников О.Г., Синяков В.Н. и др. Проблема захоронения жидких отходов производства в глубинных слоях солянокупольных бассейнов // Приволж. Экол. Вестник. - Волгоград: Изд-во ВолГУ. - 1998. вып. 5. С. 22-29.

28. Булин Н. К. Современные напряжения в земной коре и их связь с некоторыми механическими свойствами горных пород. / Тез. докл. Всесоюзного совещания «Внутренняя геодинамика». - Л.: 1972. С. 57-59.

29. Бушинский Г.И. О генетических типах бокситов / В кн. «Бокситы - их минералогия и генезис». - М.: АН СССР. 1970. С. 72-84.

30. Бражников О.Г., Синяков В.Н. и др. Проблема захоронения жидких отходов производства в глубинных слоях солянокупольных бассейнов / Поволжский экол. вестник. - Волгоград: Изд-во ВолГУ. - 1998. вып. 5. С. 22-29.

31. Брылев В.А., Самборский Ю.П. Характер отражения тектонических структур различного типа в строении плиоцен четвертичных отложений и

рельефе Западного Прикаспия (в пределах Волгоградской области). / В кн.: «Вопросы геоморфологии Приволжья». - Саратов: СГУ. 1977, выш. 1(4).С.57-70.

32. Ваньшин Ю.В., Гуцаки В.А. и др. Геологические условия формирования рудопроявлений алюминия в пределах Доно-Медведицких дислокаций (отчёт Волжской тематической партии за 1980-1981 гг. / Фонды НИИГ СГУ. Саратов: 1981. 166 с.

33. Ваньшин Ю.В., Гуцаки В.А. и др. Общие поиски декоративного камня и других полезных ископаемых в районах действующих карьеров Поволжья. / Фонды НИИГ СГУ. Саратов: 1982. 482 с.

34. Ваньшин Ю.В., Гуцаки В.А. и др. Роль минералогических исследований в прогнозной оценке на глинозёмистое сырьё раннемезозойского этапа выветривания юго-востока Русской платформы. / В сб.: «Использование минералогических методов исследований при прогнозе, поисках и оценке месторождений полезных ископаемых». Тез. докл. I Республ. Совещ. Алма-Ата. Т 2. 1981. С. 29-30.

35. Ваньшин Ю.В., Гуцаки В.А., Гудошников В.В., Молостовский Э.А. Об использовании палеомагнитных данных для датировки экзогенных процессов на примере изучения кор выветривания Южного Урала / В кн.: «Рудоносные коры выветривания». «Наука». - М.: 1974. С. 341-345.

36. Ваньшин Ю.В., Гуцаки В.А. и др. Роль минералогических исследований в прогнозной оценке на глинозёмистое сырьё раннемезозойского этапа выветривания юго-востока Русской платформы. / В сб.: «Использование минералогических методов исследования при прогнозе, поисках и оценке месторождений полезных ископаемых». Тез. Докл. I Республиканского совещания, Алма-Ата: Т 2. - 1981. С. 29-30

37. Ваньшин Ю.В., Гуцаки В.А. и др. Рудопроявления алюминия Поволжья / «Коры выветривания и бокситы»: Тез. Докл. Всесоюзного совещания. Кустанай: - 1981. С. 171-172 .

38. Ваньшин Ю.В., Гуцаки В.А. О находке алюминиевых минералов в Нижнем Поволжье // ДАН СССР. - 1982. Т. 262. №1. С. 160-162.



39. Ваньшин Ю.В., Гуцаки В.А. и др. Геология и вещественный состав рудопроявлений алюминия Поволжья / В сб.: «Месторождения бокситов и их связь с выветриванием». - Алма-Ата: Изд-во КАЗИМС. - 1983. С. 126-133.
40. Ваньшин Ю.В. Палеогидрогеологический анализ – основа решения вопросов генезиса и перспективной оценки на высокоглинозёмное сырьё (аллофан-гиббситовые породы) юго-востока Русской платформы / Тез. докл. Всесоюзного семинара «Бокситы и другие руды алюминиевой промышленности». - Савинск: - 1985. С. 125-126.
41. Ваньшин Ю.В. Роль карстовых вод раннего мезозоя в образовании высокоглиноземистых пород Нижнего Поволжья. / В кн.: «Подземные воды и эволюция литосферы». – М.: Наука. - 1985, т.11. С. 185-187.
42. Ваньшин Ю.В., Анисимов Л.А. Распространение некоторых полезных ископаемых инфильтрационно-метасоматического типа в Нижнем и Среднем Поволжье: / Тез. докл. Всесоюзного совещания в г. Магнитогорске. - Челябинск, Уральский дом НТИ. - 1986. С. 193-194.
43. Ваньшин Ю.В., Киреев Ф.А. О галлуазитах аллофан-гиббситовых образований Нижнего Поволжья // Рукопись деп. в ВИНТИ «Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья (минералогия, петрография, геохимия)» 1988. №7068-В88. С. 140-150.
44. Ваньшин Ю.В., Киреев Ф.А., и др. Результаты электронно-зондового изучения аллофан-гиббситовых образований Нижнего Поволжья / Состав и свойства глинистых минералов и пород: Тез. докл. XIV Всесоюз. совещ., сент. 1988, Сиб. отд. Ин-т геологии и геофизики; - Новосибирск: - 1988. С.62-63.
45. Ваньшин Ю.В., Киреев Ф.А. Аллофан-гиббситовые образования Нижнего Поволжья / Состав и свойства глинистых минералов и пород. Тез. Докл. XIV Всесоюзн. совещ.. - Новосибирск: СНИИГГ и МС. - 1988. С. 40-41.
46. Ваньшин Ю.В., Пролёткин И.В. Проблемы изучения взаимодействия промстоков с коллекторами глубоких зон земной коры. / Тез. докл. к регион. Конф. «Экологические проблемы Волги». Ч.1. Саратов: СГУ. - 1989. С.34-35.

47. Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г. и др. Отчёт о выполнении задания по геологической программе «ЭБР» по теме 8..1.12: «Дать оценку существующих мест подземного хранения жидких промстоков на территории крупных промузлов» (Отчёт по 1-му этапу, 1993) / Фонды НИИГ СГУ. Саратов: 1994.34с.
48. Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г. и др. (Отчёт по 2-му этапу за 1994 г. «Оценка геолого-гидрогеологических условий территории полигона подземного хранения жидких промстоков АООТ «Волжский оргсинтез», г. Волжского, Волгоградской обл., с точки зрения его экологической безопасности»). / Фонды НИИГ СГУ. Саратов: 1994. 34с.
49. Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г. и др. Отчёт о выполнении задания по геологической программе «ЭБР» по теме №8.1.1.12 «Дать оценку существующих мест подземного хранения жидких промстоков на территории крупных промузлов». IV этап. «Карты районирования территории Саратовского и Волгоградского промузлов по условиям захоронения промстоков, масштаб 1:100 000». Объяснит. Записка / Фонды НИИГ СГУ. Саратов: 1995. 51с.
50. Ваньшин Ю. В., Токарский О. Г. Об использовании карбонатных коллекторов для экологически безопасного подземного захоронения токсичных промстоков / В сб. «Проблемы геоэкологии Саратова и области». Вып.1. - Саратов: СГУ. - 1996. С. 66-69.
51. Ваньшин Ю. В., Навроцкий О. К. Уничтожение химического оружия (УХО) методом захоронения в земных недрах / «Геологические науки-98»: Тез. докл. научной конференции. Саратов: ГосУНЦ Колледж. - 1998.С. 64-65.
52. Ваньшин Ю.В. Взаимоотношение раннемезозойского карста и высокоглинозёмной минерализации в Нижнем Поволжье / «Геология и геоэкология Урала и Поволжья». Тез. докл. межведомственной научной конференции. – Саратов: ГосУНЦ Колледж. - 1998. С. 22.
53. Ваньшин Ю.В. Неотектоника - один из определяющих факторов для безопасного размещения полигонов подземного захоронения токсичных промстоков / «Проблемы геоморфологии и морфотектоники». Тез. докл. Межвед. Научн. Конф. – Саратов: ГосУНЦ Колледж.- 1998. С. 17.

54. Ваньшин Ю.В. Взаимоотношение раннемезозойского карста и высокоглинозёмной минерализации в Нижнем Поволжье / «Геология и геоэкология Урала и Поволжья». Тез. докл. межведомственной научной конференции. – Саратов: ГосУНЦ Колледж. - 1998. С. 22.
55. Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г. Эколого-экономические проблемы размещения полигонов подземного захоронения токсичных промстоков в бассейне р. Волги / «Природа и общество на рубеже нового тысячелетия: Глобализация и региональные эколого-экономические проблемы» - Четвертая Международная конференция Российского отд. ISEE. - Саратов: Пароход. - 1999.С. 32-33 .
56. Ваньшин Ю.В. Роль геохимических барьеров в формировании минеральных ассоциаций при современном и среднеплейстоценовом сернокислотном выветривании / «Минералогическое общество и минералогическая наука на пороге XXI века». Тез. докл. к IX съезду минерал. общества при РАН. - С.-П. СПбГУ. - 1999. С. 214-215.
57. Ваньшин Ю.В. Минералы современного сернокислотного выветривания / Труды НИИ Геологии СГУ. Новая серия. - Саратов: ГосУНЦ Колледж. - 1999. Т.1. С. 173-179.
58. Ваньшин Ю.В. Роль субстрата зоны аэрации в изменении химического состава грунтовых вод // European Geophysical Society XXIV General assembly the Hague. Holland. - 1999. p. 263.
59. Ваньшин Ю.В. Влияние геохимических барьеров на формирование минеральных парагенезисов при сернокислотном выветривании / «Геохимические барьеры в зоне гипергенеза». Тез. докл. Международного симпозиума. – М.: МГУ. - 1999. С. 287-291.
60. Ваньшин Ю.В. Прогноз экологической безопасности полигонов подземного захоронения токсичных промстоков с использованием минералогических и неотектонических критериев / «Геологические науки-99». Избранные труды межвед. Научн. конф. – Саратов: ГосУНЦ Колледж. - 1999. С. 97-100.

61. Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г. Прогноз экологической безопасности регионов и полигонов подземного захоронения промстоков в свете неотектонических процессов / «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». Тез. докл. 4 Всероссийской научно-практической конференции. - С.-П. - 1999. С. 145 .
62. Ваньшин Ю.В. Прогноз формирования месторождений высокоглинозёмного сырья и экологической безопасности полигонов подземного захоронения промстоков в свете неотектонических процессов / «Геологические науки-99». Тез. докл. Межвед. научн. конф. – Саратов: ГосУНЦ Колледж. - 1999. С. 85-87.
63. Ваньшин Ю. В., Токарский О. Г. и др. Особенности оценки экологической безопасности территорий крупных промузлов с целью размещения полигонов подземного захоронения токсичных промстоков / Тр. научной конференции «Фундаментальные и прикладные исследования саратовских учёных для процветания России и Саратов. Губернии». - Саратов: СГУ. - 1999. С. 273-274.
64. Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г. Отчёт «Оценка степени экологической безопасности полигона подземного захоронения токсичных промстоков на территории Песчано-Умётского ПХГ Саратовской области (за 1997-2000 гг.). / Фонды ДООА «ВНИПИгаздобыча». Саратов: 2000 г. 55 с.
65. Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г. Отчёт «Характеристика и параметры геологического объекта, используемого в качестве могильников токсичных веществ». Саратов. / Фонды НИИГ СГУ. Саратов: 2000. 58 с.
66. Ваньшин Ю.В. О находке Na-квасцов в Нижнем Поволжье // ДАН России. - 2000. т.372. № 4. С. 533-535.
67. Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г. Принципы районирования территории Саратовского промузла и прилегающих районов по условиям захоронения промстоков в недра Земли / «Проблемы подземного захоронения промстоков» / Отв. ред. Ю.В.Ваньшин. - Саратов: ГУНЦ «Колледж», 2000. С. 36-42.
68. Ваньшин Ю.В., Анисимов Л.А. и др. Анализ геологических условий

захоронения токсичных промстоков в палеозойские карбонатные резервуары Нижнего Поволжья / «Проблемы подземного захоронения промстоков» / Отв. ред. Ю.В.Ваньшин. - Саратов: ГУНЦ «Колледж», 2000. С. 48-53.

69. Ваньшин Ю.В. Неотектоника - один из важнейших факторов при прогнозной оценке юго-востока Русской платформы на высокоглинозёмные образования аллофан-гиббситового состава / «Геология и минеральные ресурсы Ю-В Русской платформы». Тез. докл. - Саратов: ГосУНЦ Колледж. - 2000. С. 15-16.

70. Ваньшин Ю.В. Состояние изученности Саратовской области по вопросу захоронения промстоков в глубокие водоносные горизонты./ «Проблемы подземного захоронения промстоков» / - Саратов: ГУНЦ «Колледж», 2000. С. 23-27.

71. Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г. Структурно-неотектонический анализ при обосновании геоэкологической безопасности полигонов подземного захоронения промстоков нефтегазового комплекса / Тез. докл. Конф. «Нефтегазовая отрасль: тенденции и перспективы развития» - Саратов: Софит, 2000. С. 15-16.

72. Ваньшин Ю.В., Навроцкий О.К., Семёнычев Г.А., Токарский О.Г. К проблеме захоронения продуктов уничтожения химического оружия в галогенных формациях. / «Освоение недр и экологические проблемы – взгляд в XXI век» Тез. Докл. Межд. Конф., Москва, 20-25 ноября 2000 г. – М.: ИПКОН РАН, 2000. С.173-174

73. Ваньшин Ю.В. Применение неотектонических и минералогических критериев для оценки экологической безопасности территорий размещения полигонов подземного захоронения токсичных промстоков / В кн.: «Геологические, геофизические и геохимические исследования юго-востока Русской плиты»: Матер. научн. межвед. конф. (г. Саратов, 2-4 апреля 2001). - Саратов: СО ЕАГО. - 2000. С.102.

74. Ваньшин Ю.В., Московский Г.А. Соленосные толщи как депонирующая среда для продуктов и отходов / Материалы Второй Республиканской научно-

практической конференции (Саратов 17-20 сентября 2001 г.) Ред. В.И.Величкин. – Саратов: Научная книга, 2001. С.8-9.

75. Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г. исследование возможных путей миграции промстоков в карбонатных коллекторах / Материалы Второй Республиканской научно-практической конференции (Саратов 17-20 сентября 2001 г.) Ред. В.И. Величкин. – Саратов: Научная книга, 2001. С.42-44.

76. Ваньшин Ю.В. Районирование территории Среднего и Нижнего Поволжья по условиям захоронения промстоков (масштаб 1:1 000 000) / Материалы Второй Республиканской научно-практической конференции (Саратов 17-20 сентября 2001 г.) Ред. В.И.Величкин. – Саратов: Научная книга, 2001.С.72-77.

77. Ваньшин Ю.В. Влияние геохимических барьеров на формирование минеральных парагенезисов при сернокислотном выветривании / «Геохимические барьеры зоны гипергенеза» / под ред. Н.С. Касимова, А.Е. Воробьёва. - М.: МГУ. - 2002. С.139-153.

78. Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г., Токарский А.О., Уфимцев Б.В. Прогноз направления движения промстоков в карбонатных коллекторах на основе неотектонического анализа территории. / Материалы Первой международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». - М.: РУДН. - 2002. С. 187.

79. Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г. Районирование территории Восточно-европейской платформы (масштаб 1:1000000) по условия размещения ПЗП с учётом неотектонической истории развития. Материалы Первой Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». -М.: РУДН. - 2002. С. 204.

80. Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г., Токарский А.О. Неотектоническая трещиноватость как фактор, определяющий размеры и конфигурации СЗЗ на полигонах подземного захоронения промстоков. / Материалы Второй Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». – М.: РУДН. - 2003. С. 273-274.

- 81.** Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г., Токарский А.О. Изучение характера распространения зон поглощения бурового раствора для оценки экологической безопасности полигона захоронения промстоков Елшано-Курдюмского ПХГ (Саратовская область) / «Карстоведение – XXI век: теоретическое и практическое значение»: Материалы Международного симпозиума (25 – 30 мая 2004, Пермь, Россия) / Пермский ун-т. – Пермь, 2004. С. 335 - 339.
- 82.** Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г., Токарский А.О. Изучение распространения зон поглощений бурового раствора в скважинах для оценки экологической безопасности действующего ППЗ Елшано-Курдюмского ПХГ (Саратовская область) // Карстоведение – XXI век: теоретическое и практическое значение: Тез. Докл. Международного симпозиума (25 – 30 мая 2004, Пермь, Россия) / Пермский ун-т. – Пермь, 2004. С. 67 – 68.
- 83.** Ваньшин Ю.А. Карст Нижнего Поволжья и его минералогения // Карстоведение – XXI век: теоретическое и практическое значение: Тезисы докладов международного симпозиума (25 – 30 мая 2004, Пермь, Россия) / Пермский ун-т. – Пермь, 2004. С. 61 - 62.
- 84.** Варга А.А. Актуальные проблемы изучения активных разрывных нарушений в инженерной геологии // Инженерная геология - 1986. №3. С. 3-16.
- 85.** Васильев В.С., Кондратьева М.Г. Кислые источники Озинок, Саратова и некоторых др. р-нов Н. Волги // Тр. НИИГ СГУ. - 1938, т.2, вып. 2-3. С. 18-26.
- 86.** Веригин Н.Н., Саркисян В.С. и др. О захоронении промышленных стоков в глубокие водоносные горизонты // Водные ресурсы. - 1976. № 1. С. 188-197.
- 87.** Васильев М.В. и др. Особенности соляного тектогенеза Прикаспийской впадины в связи с её нефтегазоносностью / Солянокупольные регионы СССР и их нефтегазоносность. II симпозиума по соляной тектонике. - Чернигов: Наукова Думка. - 1969. С. 191-200.
- 88.** Васильева Л.Б. О литологических факторах, влияющих на миграционные свойства нефти. / Тр. ВНИИЯГГ. М.: - 1970. Вып. 6. С.65-71.
- 89.** Вендельштейн Б.Ю., Козяр В.Ф., Яценко Г.Г. Методические

рекомендации по определению подсчётных параметров залежей нефти и газа по материалам геофизических исследований скважин с привлечением результатов анализов керна, опробований и испытаний продуктивных пластов. /Фонды НПО «Союзпромгеофизика». Калинин, 1990.

90. Веретенников Ю.Н. и др. Отчёт: «Обоснование возможности закачки жидких отходов АООТ «Волжский Оргсинтез» в глубокие подземные горизонты по результатам геологоразведочных работ за 1974-1993 гг.» / Фонды МНПО «НИОПИК». М.: 1994. т.1. 215 с.

91. Винарский М.С., Кукин А.Н. и др. Практическое руководство по исследованию и изоляции поглощающих пластов при бурении скважин / - Саратов: НВ НИИГГ. - 1979. 26 с.

92. Войтенко В. С., Леонов Е. Г. и др. Прогнозирование скорости сужения ствола и расчёт важнейших технологических параметров при пластичных деформациях пород, слагающих стенки скважины // Нефтяное хозяйство. - 1974. № 8. С. 21-24.

93. Воробьёв В.Я. Информативность методов прогнозирования платформенных структур. – Л.: Недра, 1991. 272 с.

94. Воробьёв В.Я., Семёнычев Г.А., Навроцкий О.К. Стратегия использования недр для захоронения токсичных веществ и отходов уничтожения химического оружия. / Материалы Второй Республиканской научно-практической конференции (Саратов 17-20 сентября 2001 г.). Ред. В.И.Величкин. – Саратов: Научная книга, 2001. С.13-15.

95. Востряков А.В. Древний карст на территории Прикаспийской впадины и смежных областей и методы его изучения / Методика изучения карста. Палеокарст и карст. Пермь: - 1963. Вып. 4. С. 47-60.

96. Востряков А.В. Геолого-морфологические признаки проявления современных движений земной коры в южном Заволжье / Современные движения земной коры / Тарту: - 1965. №2. С. 143-149.

97. Востряков А.В. Неогеновые и четвертичные отложения, рельеф и неотектоника юго-востока Русской платформы - Саратов: СГУ, 1967. 354 с.



98. Габриэлян А.Г., Анисимова М.В. и др. Закономерности размещения и условия формирования залежей нефти и газа Волго-Уральской и Тимано-Печёрской нефтегазоносных провинций / Том V11. Нижнее Поволжье. Тр. Института геологии и разработки горючих ископаемых. Волгоградский НИПИнефть. - М.: Недра. - 1975. 296 с.
99. Габриэлян А.Г. Основные закономерности и особенности нефтегазоносности палеозойских отложений Волгоградского Поволжья в связи с поисками месторождений на больших глубинах: Автореф. дис. ... докт. геол.-минерал. наук. Волгоград, 1969. 58с.
100. Гаев А.Я. Подземное захоронение сточных вод на предприятиях газовой промышленности. - Л.: Недра, 1981. 167 с.
101. Гаррис М.А. Об эпигенетической минерализации в породах кристаллического фундамента и нижней части осадочного покрова Западной Башкирии // Док. АН СССР. Т. 105, №2, - 1955. С. 374-376.
102. Гвоздецкий Н.А. Карст. Природа Мира. - М.: Мысль, 1981. 214 с.
103. Гидрогеологические вопросы подземного захоронения промышленных стоков : Темат. сборник / Отв. ред. В.М. Шестаков, - М.: - 1969. Вып. 19. 218 с.
104. Гидрогеологические опробования при разведке объектов закачек промышленных стоков в водоносные горизонты / Ред. В.М.Шестаков -М.: - 1994.
105. Гидрогеологические исследования для обоснования подземного захоронения промышленных стоков / Ред. В. А. Грабовников. - М.: Недра, 1993. 335 с.
106. Гидрогеоэкологический контроль на полигонах закачки промышленных сточных вод (Методическое руководство. РД 51-31323949-48-2000.) под ред. В.П. Ильченко. – М.: ИРЦ Газпром, 2000. 125 с.
107. Гольдберг В.М. Гидрогеологические прогнозы движения загрязнённых вод. - М.: Недра, 1973. 170 с.
108. Гольдберг В.М. Гидрогеологическое обоснование размещения полигонов промышленных отходов // Геоэкология. - 1995, №3. С. 43-49.
109. Горелов С.К. Геоморфология и новейшая тектоника правобережья

Нижней Волги / Тр. Института географии. АН СССР Т. LXXIII. - 1952.

110. Горецкий Ю.К. Некоторые черты генезиса и основные закономерности размещения бокситовых месторождений // Советская геология. - 1947. № 14,15.
111. Горецкий Ю.К. Закономерности размещения и условия образования основных типов бокситоносных месторождений. - М.: Госгеолтехиздат, 1960. 258 с.
112. Горфункель М.В. Современное состояние проблемы солянокупольной тектоник. - М.: Недра, 1972. 113 с.
113. Горьков Ю.Д. Поиски приразрывных месторождений нефти и газа в юго-восточной части Русской плиты. Тез.докл. совещания «Основные направления геологоразведочных работ в Поволжско-Прикаспийском регионе на 2001 год и последующие годы». - Саратов, 2000. С.30-33.
114. Грабовников В. А., Татарчук О. С., Шипулин Ю. К. Использование недр для экологически безопасного подземного захоронения токсичных жидких отходов / В сб. «Геоэкологические исследования и охрана недр». Научно-технич. Информац. сборник. (АОЗТ). - М.: Геоинформмарк, 1995, вып. 4. С. 3-8.
115. Грабовников В. А., Татарчук О. С., Шипулин Ю. К. Условия обеспечения экологической безопасности подземного захоронения токсичных отходов // Разведка и охрана недр. - 1999. № 4. С. 41-44.
116. Громов В. К. К вопросу о раскрытости трещин на глубине / Тр. ВНИГРИ, 1970, вып. 290. С.113-118.
117. Гуцаки В.А., Ваньшин Ю.В., и др. Рудопроявления алюминия Поволжья / В сб.: «Коры выветривания и бокситы». Тез. докл. Всесоюзного совещания. – Кустанай: 1981. С. 171-172.
118. Гуцаки В.А, Ваньшин Ю.В. и др.. Физико-химическая интерпретация минеральных парагенезисов рудопоявлений алюминия Поволжья / Тез. докл. к VI Всесоюзному Минералогическому съезду. – Л.: 1982. С. 56.
119. Гуцаки В.А., Ваньшин Ю.В. и др. Геология и вещественный состав рудопоявлений алюминия Поволжья. / В сб.: «Месторождение бокситов и их связь с выветриванием». Матер. Всесоюз. Совещ. «Коры выветривания и

бокситы». - 2-4 июля 1981. г. Кустанай. - Алма-Ата: КазИМС. - 1983. - С. 182-192.

120. Гудошников В.В., Ваньшин Ю.В., Березницкая Р.Я. Вторичные изменения среднетриасовой латеритной коры выветривания Орского Зауралья./ Литология и полезные ископаемые. №3, 1973. – С. 132-138.

121. Геология и нефтегазоносность карбонатного палеозоя Саратовского и Астраханского Поволжья. Ч.1. Литология и коллектора карбонатных нефтегазоносных комплексов / Ред. Д.Л. Федоров, - Саратов: СГУ. - 1983. - 164 с.

122. Джонеридзе Н.М., и др. К проблеме происхождения зон «замещения» в пределах Верхнекамского месторождения / В кн: «Условия образования месторождений калийных солей». - Новосибирск: Наука. - 1990. С. 165-174.

123. Добрынин В. М. Деформации и изменение физических свойств коллекторов нефти и газа. - М.: Недра. - 1970. 158 с.

124. Долгих П.Ф., Бахуров В.Г. Подземное захоронение вредных отходов // Атомная энергия, т.28, вып. 1. - 1970. С. 70-71.

125. Дэна Дж.Д., Дэна Э.С. и др. Система минералогии. - М.: ИЛ, т.11, полутом 1. 1953. 773 с.

126. Жигалин А.Д. Захоронение высокотоксичных и радиоактивных отходов в глубоководных желобах мирового океана / Тезисы докладов Международной конференции. «Освоение недр и экологические проблемы - взгляд в XXI век». - М.: 2000. - С. 170-174.

127. Журавлев В.С. Основные черты глубинной тектоники Прикаспийской синеклизы. - М.: Изд. АН СССР, 1972. 272с.

128. Зайдельсон М.И., Чистовский А.И. и др. Гидрогеологические условия формирования и размещения нефтяных и газовых месторождений Волго-Уральской области. - М.: Недра, 1973. 279 с.

129. Застрожнов С.И., Застрожнов В.А. и др. Отчёт о переработке и изучению геологической карты масштаба 1:200000, планшет М-38-XXXII. Т.1. Волгоград: 1993 г.

130. Захоронение промышленных сточных вод на территории СССР. Отчёт

партии N 32, Москва. / Фонды ПГО «Гидроспецгеология», 6 т. 1986.

131. Иванов А.В. и др. Организация и создание опорного опытно-производственного государственного полигона мониторинга состояния геологической среды в районе расположения Елшано-курдюмского подземного хранилища газа. Текст. Кн.2. / Фонды ФГУГП, Гидрогеологическая экспедиция 16 района, - М.: 2001. 107 с.

132. Казьмин Л.А., Халиулина О.А. Карпов И.К. Алгоритмы и программы // Всесоюзн. науч. Технич. Информац. Бюл. 11001353, - М.: 1975, №3. С.18-19.

133. Каменский В.В. и др. Обоснование возможности закачки пластовых вод, извлекаемых вместе с газами из Песчано-Уметского ПХГ в подземные пористые пласты. / Фонды ДАО «ВНИПИгаздобыча». Саратов, 1992 г.

134. Каменский В.В., Гусев А.С., Кондачков Ю.С. и др. Проект промышленной закачки промыслово-сточных вод в окско-серпуховской горизонт Песчано-Уметского ПХГ. /Фонды ДАО «ВНИПИгаздобыча». Саратов, 2001 г. 117 с.

135. Карась О.И., Гусев А.С. и др. Тема Г-02-77. Изучение гидрогеологических условий Бухара-Хивинской газоносной провинции с целью выбора объектов для закачки промстоков и хозяйственно-питьевого водоснабжения предприятий газовой промышленности (отчёт за 1977-79 гг.). / Фонды ДАО «ВНИПИгаздобыча», Саратов. Т. 1, 1979. 141 с.

136. Карта новейшей тектоники Среднего и Нижнего Поволжья, м-б 1:500 000 // Под ред. Ф.И. Ковальского, - Саратов.: СГУ, 1981.

137. Карта гидрогеологических условий захоронения сточных вод промышленных предприятий, расположенных в бассейнах рек Волги и Урала, м-б 1:2 500 000. - М.: 2ГГУ, 1976.

138. Карстовые коллекторы нефти и газа. / Материалы Совещания по карстовым коллекторам нефти и газа, Пермь, 1973.

139. Карта новейшей тектоники Северной Евразии, М-б 1: 5 000 000 (гл. ред. А.Ф.Грачёв). – М.: ОИФЗ РАН, 12 листов. 1997.

140. Катихин В.Р. Места разгрузки подземных вод Волгоградской области // Новости нефтяной и газовой техники. – 1962. № 11. С.15-18.
141. Катихин В.Р. Гидрогеология Волгоградской области в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности: Автореф. канд. геол.-минер. наук. М., 1967.- 28с.
142. Кедровский О.Л., Шищиц И.Ю. и др. Основные направления решения проблемы надёжной изоляции радиоактивных отходов в СССР // Атомная энергия. Т. 64, вып. 4. апрель 1988. С. 287-294.
143. Кедровский О.Л., Шищиц И.Ю. и др. Обоснование условий локализации высокоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива в геологических формациях // Атомная энергия, т.70, вып.5, май 1991. С.294-297.
144. Кисельгоф С.М. Новые данные по гидрогеологии девонских отложений северо-западной части Волгоградской области / Тр. ВНИГНИ, - 1965, вып.3. С.310-323.
145. Китык В.И. Условия образования соляных структур. - Киев: АН УССР, 1963. 268 с .
146. Китык В.И. Проблема соляного тектогенеза в свете современных данных / В кн.: «Условия образования и особенности нефтегазоносности солянокупольных структур». Киев: Наукова Думка, 1966. С. 126-130.
147. Конищев В.С. Сравнительная тектоника областей галокинеза древних платформ / Под ред. Р.Г. Горецкого. - Минск: Наука и техника, 1984. 190 с.
148. Косыгин Ю.А. Соляная тектоника платформенных областей. - М.: Гостоптехиздат, 1950. 246 с.
149. Косыгин Ю.А. Типы соляных структур платформенных и геосинклинальных областей. / Тр. ГИН АН СССР, вып.29, 1960.
150. Комплексное изучение типов и видов карбонатных и терригенных коллекторов, совершенствование приёмов их выделения и оценки в подсолевом палеозое западной части Прикаспийской впадины и её обрамления: Отчёт о НИР/НВ НИИГГ; рук. И.Е. Эйдман. / Фонды НВ НИИГГ. Саратов, 1977.

151. Комплексная интерпретация данных ГГК, НК, АК, ГК полученных серийной аппаратурой для определения емкостных свойств горных пород. Методическое руководство. Калинин, 1982г.
152. Космотектоническая карта территории Нижнего Поволжья масштаба 1:1000 000 // Ю.М. Крылов, Ю.А. Наварнов и др. / Фонды СГРЭ. Саратов, 1980.
153. Кропачева С.Н. О находке базальюминита на Керченском полуострове // Записки Всес. Минерал. общ., ч.98, вып. 2. - 1969. С. 220-222.
154. Кудельский А.В., Ясовеев М.Г. Перспективы подземного захоронения промотходов на территории Белорусской ССР. - Минск.: Наука и техника, 1989. 44 с.
155. Кузнецов Ю.Г. и др. Современные вертикальные движения земной поверхности Прикаспийского региона. // Геодезия и картография.-1997. С. 29-33.
156. Кузнецова В.С. Аномалии геологической среды солянокупольных бассейнов и их влияние на природно-технические системы и среду обитания человека: Дис. ... докт. геол.-минер. наук. Волгоград. 2000. 439 с.
157. Кукин А.Н. и др. Отражение новейших тектонических движений в макротрещиноватости пород девона / В кн.: «Вопросы геологии Ю. Урала и Поволжья». Саратов: СГУ, 1976. вып. 10. С. 109-117.
158. Кукин А.Н. Геолого-техническое обоснование классификации поглощающих горизонтов / Тр. выездного заседания НТС МНДП в г. Ивано-Франковске. - М.: ВНИИОЭНГ, 1979. С. 159-177.
159. Кулаков Н.В. Палеогадрогеологические условия формирования газонефтяных месторождений. - М.: Недра, 1964. 174 с.
160. Кунин Н. Я., Былевский Г. Н. Аномально-высокие пластовые давления и их влияние на методику, и направление нефтегазопоисковых работ в Прикаспийской впадине // Советская геология. - 1976. № 10. С. 3-17.
161. Кунин Н.Я. Общие закономерности формирования соленосных бассейнов, их классификация и нефтегазоносность. Геологическое состояние и перспективы нефтегазоносности солянокупольных бассейнов материков по геофизическим данным. - М.: Недра, 1977. С. 304-333.

162. Лаверов Н.П., Канцель А.В., Лисицин А.К. и др. Основные задачи радиогеоэкологии в связи с захоронением радиоактивных отходов // Атомная энергия. - 1991. Т.71. Вып. 6. С. 523-534.
163. Лапочкин Б.К., Ерёмина О.И. Критерии пригодности геологических формаций для строительства могильников твёрдых высокоактивных отходов // Охрана недр и экология. - 1996. С. 39-42.
164. Леонтьев Г.И. Современные экзогенно-обусловленные движения поверхностных частей земной коры по материалам высокоточных и точных повторных нивелировок Нижнего Поволжья: Дис. ...канд. географ. Наук. Фонды НБ СГУ, Саратов. 1964. 146с.
165. Лихоман О. А., Ваньшин Ю. В., и др. Минералы-индикаторы неотектонических процессов в пределах платформенных и складчатых областей (Поволжье, Южный Урал, Фергана). / «Минералогическое общество и минералогическая наука на пороге XXI века». Тез. Докл. к IX съезду минералогического общества при РАН. - С.-П.: СПбГУ. 1999. С. 84-85.
166. Лихоман О.А., Ваньшин Ю.В. и др. Минералы - показатели раскрытости геологических структур, используемых для строительства ПХГ и полигонов подземного захоронения токсичных промстоков / «Геологические науки-99». Тез. докл. Межвед. научн. конф. - Саратов: Колледж. 1999. С. 81-82.
167. Лунгерсгаузен Л.Ф. Материалы к государственной геологической карте масштаба 1: 200 000, листы М-38-1X, X. XV, XVI. Саратов, 1945 г. 245 с.
168. Макаров В.И., Бабак В.И., Гаврюшова Е.А., Федонкина И.Н. Новейшая тектоническая структура и рельеф Москвы // Геоэкология. - 1998. № 4. С.3-20.
169. Маликов А.Н., Токарский О.Г. и др. Подземное захоронение токсичных промстоков как элемент промышленного комплекса жизнеобеспечения населения (ПКЖН) / «Проблемы подземного захоронения промстоков» / Ред. Ю.В.Ваньшин.- Саратов: ГУНЦ «Колледж», 2000. С.10-12.
170. Матвеев В.В., Фефер Е.Е., Милецкая Г.В. Разработка интерпретационно-петрофизических моделей для определения подсчётных параметров резервуаров УВ по данным ГИС в условиях Поволжского региона.

Отчёт. / Фонды НВ НИИГГ. Саратов, 2000г.

171. Машкович К.А. Методы палеотектонических исследований в практике поисков нефти и газа. - М.: Недра, 1970. 150с.

172. Методические указания по лицензированию пользования недрами для целей не связанных с добычей полезных ископаемых. Приказ от 22.06. 1998 г. М.: МПР РФ. 14 с.

173. Мещеряков Ю.А. Новейшая тектоника Северного Прикаспия / В кн.: «Стратиграфия четвертичных отложений и новейшая тектоника Прикаспийской низменности». – М.: АН СССР. 1953.

174. Милованов В.И., Данилян Г.М., Каменский В.В. Обоснование возможности закачки промстоков в объект газохраниения Песчано-Умётского ПХГ/ Фонды ДАО «ВНИПИгаздобыча». Саратов, 1995. 46 с.

175. Миронов Е.А. Закачка сточных вод нефтяных месторождений в продуктивные поглощающие горизонты. - М.: Недра, 1978. 167 с.

176. Миропольская Г.Л. О распространенности сфалерита, халькопирита, галенита в эйфельско-пашийских отложениях на востоке Татарин. // Изв. Казанского филиала, АН СССР, серия геол. наук, 1959. №8.

177. Миропольский Л.М., Полянин В. А. О сульфидах тяжелых металлов в каменноугольных отложениях Татарии / Уч. зап. Казанского ун-та, том 117, кн. 2. - 1957.

178. Минералогическая энциклопедия (под ред. К.Фрея). - Л.: Недра, 1985. 512 с.

179. Михайлов Б.М. Хемалиты и их практическое значение. / Тез. докл. XIV Всесоюзного совещ. «Глинистые минералы и породы, их использование в народном хозяйстве». - Новосибирск: СНИИГГ и МС, 1988. С. 61.

180. Михайлова Е.В. Зона бокситопрооявлений на южной окраине Подмосковного бассейна. / В кн.: Материал по геологии и полезным ископаемым центр. районов Европейской части СССР. - М.: ОНТИ. 1958, вып.1. С. 215-227.

181. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. - М.: Госгеолтехиздат, 1957. 968 с.



182. Мичурин Г.В. Автоматизированное определение объёмных компонент пород по данным ГИС. // Недра Поволжья и Прикаспия. - Саратов, вып. 15, 1998. С. 38-44.

183. Модин С.А., Тарасова Н.В. Районирование территории СССР по условиям удаления промышленных сточных вод в недра Земли / В кн.: «Гидрогеологические вопросы подземного захоронения промстоков». - М.: ВСЕГИНГЕО, 1969, вып. 24. С. 42-48.

184. Модин С.А., Тарасова Н.В. Прогнозная оценка перспективности глубоких водоносных горизонтов на площади Московской синеклизы и Волго-Уральской антеклизы для целей подземного захоронения промстоков / В кн.: «Гидрогеологические вопросы подземного захоронения промстоков». - М.: ВСЕГИНГЕО, 1969, вып. 24. С. 180-190.

185. Морозов В.А., Костин Б.И. и др. Геологическое строение и гидрогеологические условия листа М-38-V. Отчёт Энгельсской гидрогеологической партии по работам 1965-66 г.г. Том 1. / Фонды СГГЭ. Саратов, 1966. 200с.

186. Московский Г. А., Гончаренко О. П. Основные черты геохимии кунгурского галогенеза в западной части Прикаспийской впадины (по включениям в минералах). // Рук. деп. в ВИНТИ 16.11.1989, №4072-В90. 198 с.

187. Муругова Р. Н. Распределение углеводородных газов в соленосных отложениях юго-запада Сибирской платформы в связи с геохимическими поисками месторождений нефти и газа: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 1982. 32 с.

188. Навроцкий О.К., Ваньшин Ю.В. и др. Отчёт: «Проведение комплексной оценки состояния здоровья населения и окружающей природной среды в районах размещения объектов по хранению химического оружия». (Шифр «Вагонетка КО»). Раздел «Разработка методических основ изменения состояния окружающей среды в процессе организации полигонов захоронения отходов уничтожения химического оружия». / Фонды НВ НИИГГ. Саратов, 1996. 55 с.

189. Навроцкий О.К., Ваньшин Ю.В., Семёнычев Г.А. и др. К проблеме

использования галогенных формаций для захоронения токсичных промышленных отходов. / Материалы научн. конф. «Фундаментальные и прикладные исследования саратовских учёных для процветания России и Саратовской губернии». - Саратов: СГУ. 1999. С. 271-272.

190. Навроцкий О.К., Файницкий С.Б., и др. Проблемы использования недр для захоронения промышленных и токсичных отходов в Саратовском Заволжье / «Проблемы подземного захоронения промстоков» / Отв. ред. Ю.В.Ваньшин. - Саратов: ГУНЦ «Колледж», 2000. С.53-57.

191. Николаев Н.И. Новейшая тектоника СССР. - М.Л.: АН СССР, 1949. 296 с.

192. Николаев Н.И. Неотектоника и её выражение в структуре и рельефе территории СССР. - М.: Госгеолтехиздат, 1962. 392 с.

193. Никонов А.А. Активные разломы: определение и проблемы выделения // Геоэкология. - 1995, №4. С. 16-17.

194. Озерова Н.А. Ртуть и эндогенное рудообразование// М.: Наука, 1986. 358с

195. Озолин Б.В. и др. Поглощающие горизонты разреза Шпаковской площади и характеристика объекта, рекомендуемого для сброса промышленных стоков / Тр. Уфимского нефтяного НИИ. - 1965, вып. XV. С. 312-327.

196. Омельченко Н.С. Районирование зон подземного захоронения жидких отходов по уровню тектонической напряженности в связи с созданием мониторинга. / Экологическая безопасность и экономика городских и теплоэнергетических комплексов. II Международная конференция, Волгоград, 1999. С. 232-234.

197. Омельченко Н.С., Синяков В.Н., Кузнецова С.В. Закономерности распределения зон тектонической напряжённости в пределах Паромненского соляного купола / Поволжский Экологический Вестник. Волгоград: ВолГУ, 1999, вып.6. С. 20-23.

198. Омельченко Н.С., Кузнецова С.В. Система геоэкологического мониторинга при подземном захоронении отходов в солянокупольных областях /

Техторгконтракт. Межд. Коммуникационная сеть, Волгоград, 1998. 4 с.

199. Омельченко Н.С. Эколого-геологический мониторинг подземного захоронения отходов в солянокупольных областях (на примере полигона закачки жидких отходов в г. Волжском): Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Волгоград, ВолгГАСА, 1999. 45 с.

200. Орлов М.С. Методические вопросы построения фильтрационных схем / В кн.: «Гидрогеол. и гидрохим. исслед. при решении пробл. сброса промстоков в глубоко залегающие карбонатные породы (на примере Куйбышевского Поволжья и Башкирии)». - М.: МГУ. 1972.. С. 154-178.

201. Орлов М.С., Чесалов С.М. Методические вопросы построения фильтрационных схем. / В кн.: «Гидрогеол. и гидрохим. исслед. при решении проблемы сброса промстоков в глубоко залегающие карбонатные породы (на примере Куйбышевского Поволжья и Башкирии)». - М.: МГУ. 1972. С. 179-192.

202. Ошакпаев Т. А. Челкарский соляной купол-гигант (Прикаспийская впадина). - Алма-Ата: Наука, 1974. 183 с.

203. Павлова Н. Н. Деформационные и коллекторские свойства горных пород. - М.: Недра, 1975. 120 с.

204. Певнев А.К. Современные движения земной поверхности в районе Баскунчакской солянокупольной структуры. - М.: Наука, 1969. 100 с..

205. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1979. 423 с.

206. Пермьяков Е.П. Тектоническая трещиноватость Русской платформы. - М.: МОИП. Новая серия, вып. 12(16), 1949. 215 с.

207. Петриченко О. И. Физико-химические условия осадкообразования в древних солеродных бассейнах. - Киев: Наукова Думка, 1988. 128 с.

208. Петров Н.П. К вопросу о парагенезисе серы и нефти // Зап. Узб. отд. ВМО, вып. X, АН. Уз. ССР, 1966.

209. Пецюха Ю.А. Об использовании данных гидрогеологических исследований для региональной характеристики коллекторов // Геология нефти и газа. - 1966, № 4. С. 40-43.

210. Питьева К.Е., Орлов М.С. и др. Прогноз изменения фильтрационных

ствойств карбонатных пород при закачке промстоков / В кн.: «Гидрогеологические и гидрохимические исследования при решении проблемы сброса промстоков в глубоко залегающие карбонатные породы (на примере Куйбышевского Поволжья и Башкирии)». - М.: МГУ. 1972. С. 314-332.

211. Питьева К.Е. Гидрогеоэкологические исследования в районах нефтяных и газовых месторождений. - М.: ОАО Недра, 1999. 199 с.

212. Плотников Н.И., Керкис Е.Е. и др. Гидрогеологические исследования для установки условий сброса промышленных сточных вод в глубокие водоносные горизонты / В кн.: «Справочное руководство гидрогеолога», под ред. В.М. Максимова. – Л.: Недра, т.2. 1967. С. 166-204.

213. Попов В.И., Гусева А.К. Зональность рудопроявлений Средней Азии, парагенных с нефтью и газом / Рудоносные осадочные формации и рудная зональность артезианских нефтегазоносных бассейнов Средней Азии. - Л.: Недра, 1964. С. 94-106.

214. Попов В. Г., Егоров Н. Н. и др. Миграция гелия в подземной гидросфере. - Уфа: БФАН СССР, 1982. 46 с.

215. Поярков В.Э. О поисках, разведке и оценке ртутных месторождений. - Алма-Ата: ОНТИ, Каз.ИМСа, 1967.

216. Проблемы подземного захоронения промстоков / Отв. ред. Ю.В. Ваньшин. – Саратов: ГосУНЦ Колледж, 2000. 98 с.

217. Проблемы захоронения промстоков в глубокие горизонты земных недр. / Величкин. Материалы второй Республиканской научно-практической конференции (г.Саратов, 17-20 сентября 2001 г) – Саратов: Научная книга. 2002. 126с.

218. Прогнозная карта гидрогеологических условий захоронения промышленных сточных вод в глубокие водоносные горизонты. М-б 1:2500000. Объяснит. записка / Отв ред. академик А.В. Сидоренко - М.: 1969, (Мингео СССР). 32 с.

219. Проект промышленной закачки промыслово-сточных вод в окско-серпуховской горизонт Песчано-Умётского ПХГ. ОАО «Газпром», ООО

«Югтрансгаз» / Фонды ДООА «ВНИПИГаздобыча». Саратов, 2001. С.118.

220. Проект горного отвода полигона захоронения промстоков Песчано-Умётского ПХГ / Фонды ДООА «ВНИПИГаздобыча». Саратов, 2002. С.152.

221. Пролёткин И.В. Методика комплексного изучения новейшей тектоники, трещиноватости и мегатрещиноватости Поволжья с целью районирования территории по условиям захоронения промстоков / Тез. докл. к регион. конф.: «Экологические проблемы Волги». – Саратов: СГУ. 1989. С. 106-107.

222. Пролеткин И.В., Ваньшин Ю.В. Влияние новейшей тектоники и трещиноватости пород на условия захоронения промстоков / Тез. докл. к регион. конф. «Экологические проблемы Волги». Ч.1.– Саратов: СГУ. 1989. С. 104-105.

223. Рыбальченко А.И., Пименов М.К., Костин П.П. и др. Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов. - М.: ИздАТ, 1994. 256 с.

224. Рыбальченко А. И. Захарова Е. В. Итоги международного симпозиума по глубинному захоронению (инъекции в глубокие скважины) жидких промышленных отходов. США, Беркли, 10-13 мая 1994г. / «Проблемы подземного захоронения промстоков» / Отв. ред. Ю.В.Ваньшин. - Саратов: ГУНЦ «Колледж», 2000. С. 12-17.

225. Рыбальченко А.И., Пименов М.К. и др. Захоронение жидких радиоактивных отходов - практические результаты и последствия для окружающей среды // Геоэкология. - 1999, № 2. С.128-132.

226. Руженцев В.Е. Основы тектоники Урало-Эмбенского района // Бюлл. БМОИП, геология, т.8 (1-2), 1930.

227. RMS. Версия 6.0 Рук-во пользователя. ROXAR, Моск. офис. - М.: 2000.

228. Салий Э.П. и др. Отчёт о гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях территории г. Саратова в связи с подтоплением (по результатам работ 1981-1986 гг.): СГРЭ «Нижеволжскгеология» / Фонды НИИ Геологии СГУ. Саратов, 1986.

229. Салтыков В.Ф., Ваньшин Ю.В. и др. О природе пузырьчатых новообразований в кристаллах по данным электронной микроскопии / В сб.: «Использование минералогических методов исследований при прогнозе, поисках

и оценке месторождений полезных ископаемых». Тез. докл. I Республиканского Сопещания. - Алма-Ата: 1981. Т. 2. С.127-128.

230. Салтыков В.Ф. Ваньшин Ю.В. и др. Физико-химическая интерпретация минеральных парагенезисов рудопроявлений алюминия Поволжья / Тез. докл. к VI Всесоюзному минералогическому съезду. – Л.: 1982. С. 56.

231. Самородов А.В. Берёзовское месторождение декоративного кальцита. / Фонды ПГО «Нишневожскгеология». Саратов, 1977. 214 с.

232. Сауков А.А. Геохимия ртути / Тр. Института геологических наук АН СССР, вып. 78, серия минералого-геологическая, М.: №17, 1946.

233. Свидзинский С. А. Внутренняя тектоника соляно купольных структур и методы её изучения. - Ростов-на-Дону: Ростовский ун-т, 1992. 160 с.

234. Севастьянов О.М. Подземное захоронение промстоков на Астраханском газоконденсатном месторождении / В сб.: «Природный газ и защита окружающей среды». - М.: ВНИИЭгазпром. 1988, вып. 5. С. 24-30.

235. Семёнов В.Ф., Шадрин Л.Ф. и др. «Разработать структурно-геологическую модель района размещения подземного хранилища ЖРО (г. Димитровград)». Отчёт по теме 270 в 2-х кн. Книга 1. Казань, 1993. 53 с.

236. Семёнычев Г.А., Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г. Отчёт: «Разработать технологии и технические средства для захоронения токсичных веществ в геотехнологические скважины». / Фонды НВ НИИГГ. Саратов, 2000. 112 с.

**237.** Семёнычев Г.А., Ваньшин Ю.В., Навроцкий О.К. и др. Захоронение продуктов уничтожения химического оружия в галогенных формациях – перспективная альтернатива принятому проекту его наземного хранения в Саратовской области. / Материалы 1-й Международной конференции: «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». - М.: РУДН, 2002. С. 201-202.

**238.** Семёнычев Г.А., Ваньшин Ю.В., Герасимов В.А. и др. Проект на «Захоронение промыслово-сточных вод с организацией сети наблюдательных скважин и программой мониторинга на Соколовогорском месторождении УВ (Саратовская область)» / Фонды НВ НИИГГ. Саратов, 2003. 102 с.

- 239.** Семёнычев Г.А., Ваньшин Ю.В., Герасимов В.А. и др. Проект на «Захоронение промыслово-сточных вод с организацией сети наблюдательных скважин и программой мониторинга на Гусельском месторождении УВ (Саратовская область)» / Фонды НВ НИИГГ. Саратов, 2003. 141 с.
- 240.** Семёнычев Г.А., Титаренко И.А., Герасимов В.А. и др. Проект на «Захоронение промыслово-сточных вод с организацией сети наблюдательных скважин и программой мониторинга на Лимано-Грачёвском месторождении УВ (Саратовская область)» / Фонды НВ НИИГГ. Саратов, 2003. 141 с.
- 241.** Сейсмическое районирование территории Российской Федерации / Комплект карт масштаба 1:8 000 000. Гл. редакторы академик Страхов В.Н., проф. Уломов В.Н. Изд. Объединённый институт физики Земли РАН. 1999 г.
- 242.** Серебряков О.И., и др. Мировой и отечественный опыт подземного захоронения токсичных и радиоактивных отходов. - М.: ВНИИгаза. 1995. С. 188-198.
- 243.** Сетунская Л.Е. Результаты изучения современных движений земной коры в Поволжье. / В кн.: «Современные движения земной коры». - М.: Наука, 1968. С.171-187.
- 244.** Сидоров В.А., и др. Современные движения земной коры и нефтегазоносность (на примере Терско-Каспийского передового прогиба). - М.: Наука, 1987. 119 с.
- 245.** Сидоров В.А., Богдарова М.В., и др. Современная геодинамика и нефтегазоносность. - М.: Наука, 1989. 200 с.
- 246.** Синяков В.Н. О необходимости режимных инженерно-геологических наблюдений для контроля современных движений земной коры на соляных структурах / В кн.: «Режимные инженерно-геологические и гидрогеологические наблюдения в городах». - М.: Наука, 1983. 130 с.
- 247.** Синяков В.Н. О роли соляной тектоники в формировании инженерно-геологических условий крупных солянокупольных бассейнов // Инженерная геология, М.: Наука, - 1984, №2. С. 61-72.
- 248.** Синяков В.Н. Заключение о возможности захоронения промстоков

Волгоградского химкомбината им. 50-летия Октября. / Фонды ВолГИСИ. Волгоград, 1989.

249. Синяков В.Н., Кузнецова С.В. и др. Геоэкологические проблемы разработки месторождений солей и создания подземных ёмкостей в соляных массивах / Поволжский экологический вестник. - Волгоград: Комитет по печати, 1995, вып. 2. С. 55-63.

250. Синяков В.Н., Бражников О.Г. Современные движения соляных структур / Поволжский экологический вестник. - Волгоград: Комитет по печати, 1996, вып. 3. С. 106-113.

251. Синяков В.Н., Кузнецова С.В. Влияние активной соляной тектоники на окружающую среду / Поволжский экологический вестник. - Волгоград: Комитет по печати, 1997, вып. 4. С. 124-135.

252. Сычёв К.И. Захоронение токсичных и радиоактивных отходов // Советская геология. - 1990. С. 104-110.

253. Спицын В.И., Пименов М.К. и др. Основные предпосылки и практика использования глубоких водоносных горизонтов для захоронения жидких радиоактивных отходов // Атомная энергия. – 1978. т.44, вып. 2. С.161-168.

254. Спицын В. И., Пименов М. К. и др. Основные предпосылки и практика использования глубоких водоносных горизонтов для захоронения жидких радиоактивных отходов // Атомная энергия. - февраль 1978. т. 44, вып. 2. С. 161-168.

255. Сребродольский Б.И. Сернокислотное выветривание гидрослюды и монтмориллонита // ДАН СССР. - 1973. Т.211, № 5. С. 1184-1186.

256. Сребродольский Б.И. Сернокислотное выветривание карбонатных пород // ДАН СССР. - 1977. т. 237, № 1. С. 1182-1183.

257. Сребродольский Б.И. Тайны сезонных минералов.-М.:Наука,1989.-145 с.

258. Стороженко А.Ф., Синяков В.Н., Кузнецова В.С. и др. Исследование вертикальных перемещений сооружений Волжской ГЭС по результатам повторного нивелирования / Поволжский экологический вестник. - Волгоград: Комитет по печати. 1997, вып. 4. С. 136-142.



259. Структурная карта надсолевого комплекса Прикаспийской впадины масштаба 1:1000000. Ред.: Л.Ф. Волчегурский. и др. - М.: Мингео СССР, 1980.
260. Тарасова Н.В., Аверьянов Н.И. Заключение о гидрогеологических условиях захоронения промышленных сточных вод Саратовского химкомбината в глубокие водоносные горизонты. - М.: МГУ, 1975. 42 с.
261. Твердохлебов И.И. Геолого-экологические критерии создания подземных ёмкостей в соляных телах для хранения углеводородных продуктов (на примере Астраханского ГКМ): Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Волгоград, 1999. 20с.
262. Теобальд П.К., Лэкин Х.У. и др. Осаждение алюминия, железа и марганца в месте слияния ручья Дик-Крик с рекой Снейк в округе Саммит. Колорадо / В кн.: «Вопросы геологии и минералогии бокситов». – М.: Мир, 1964. С. 72-78.
263. Тимергазин К.Р. О генезисе сульфидов в девонских и более древних породах на востоке Русской платформы // Докл. АН СССР, том 105, №2, 1955.
264. Тимофеев Г.И., Кочелаева Н.В., Навроцкий О.К. Фильтрационно-ёмкостные параметры солей в условиях приближённых к пластовым / «Проблемы подземного захоронения промстоков» / Отв. ред. Ю.В.Ваньшин. Саратов: ГосУНЦ Колледж, 2000. С. 44-47.
265. Тимофеев Г.И. и др. Отчёт «Разработать методику геохимических поисков залежей нефти и газа в подсолевых отложениях Прикаспийской впадины на основе изучения геолого-геохимических условий, экспериментального и физико-математического моделирования процессов субвертикальной миграции» / Фонды НВ НИИГГ. Саратов, 1986. 187 с.
266. Титков Н.И., Кукин А.Н. Комплексные исследования поглощающих горизонтов при бурении скважин. - М.: Недра, 1966. 160 с.
267. Тищенко В.А. Новые данные о проявлении гидротермальных процессов в южной части Западного склона Ю. Урала / В кн.: «Вопросы геологии Ю. Урала и Поволжья». - Саратов: СГУ, 1968, вып. 3, ч.4. С. 36-46.

268. Токарский О. Г., Трояновский С. В. и др. К вопросу об условиях формирования верхнехвалынских дельт Волги в Астраханском Правобережье / В сб. «Вопросы геол. Южного Урала и Поволжья»- Саратов: СГУ, 1976. С. 91-98.
269. Токарский О.Г., Седайкин В. М. О тектонической трещиноватости мезозойских и кайнозойских отложений Песчано-Марского соляного купола (Сев. Прикаспий). / В сб.: «Вопросы геоморфологии Н. Поволжья». Саратов: СГУ, 1977, вып. 1(4). С. 28-35.
270. Токарский О.Г. Роль гравитационных сил в формировании палеodelьт различных генераций. / Тез. докл. Всесоюзной конференции «Палеогеографические основы рационального использования природных ресурсов». - Киев: Наукова Думка, 1977. Ч.1.
271. Токарский О.Г., Ваньшин Ю.В. и др. Роль новейших движений в оценке и экологическом обосновании полигонов подземного захоронения токсичных отходов в глубоких горизонтах. / «Проблемы геоэкологии Саратова и области», - Саратов: СГУ, вып. 1, 1996. С. 63-65.
272. Токарский О.Г. Напряжённое состояние земной коры и экзогенная трещиноватость. / Проблемы изучения биосферы. Тез. докл. Всероссийской конференции – Саратов: СГУ, 1996. С. 85.
273. Токарский О.Г., Ваньшин Ю.В. К вопросу изучения структурообразующей роли погребенных куполов в связи с захоронением токсичных промстоков. / Тез. докл. научной конференции «Геологические науки - 97» - Саратов: СГУ, 1997. С. 39.
274. Токарский О. Г. Подземные хранилища промстоков – месторождения будущего / Тез. Докл. Междунар. научн. конф. 1998 г. «Геология и минеральные ресурсы юго-востока Русской платформы». – Саратов: НВ НИИГГ, 1998. С. 75.
275. Токарский О.Г. Некоторые аспекты термофлюктуационной концепции прочности при решении инженерно-геологических и геоморфологических задач / Избран. Тр. межведомственной научн. конф. «Геологические науки - 99». Саратов: Гос УНЦ Колледж, 1999. С. 83-86.
276. Токарский О.Г., Ваньшин Ю.В. Неотектоно-геоморфологические

условия как основа инженерно-геологического районирования Саратовской области / «Геология и минеральные ресурсы Ю-В Русской платформы», Тез. докл. Регион. Научн. Конф. – Саратов: ГосУНЦ Колледж, 2000. С. 104-105.

277. Токарский О.Г., Ваньшин Ю.В. Морфометрический и структурно-неотектонический анализ территории полигона подземного захоронения промстоков химзавода «Волжский Оргсинтез» г. Волжского, Волгоградской области / «Проблемы подземного захоронения промстоков». – Саратов: ГосУНЦ Колледж, 2000. С. 75-82.

278. Токарский О.Г., Ваньшин Ю.В. и др. Новые подходы к определению параметров ореолов распространения промстоков на полигонах подземного захоронения / Тез. докл. Научно-практич. конф. «Нефтегазовая отрасль: тенденции и перспективы развития». Саратов, 2000. С. 13-14.

279. Токарский О.Г., Ваньшин Ю.В. Предпроектные структурно-морфометрические исследования для обоснования экологической безопасности при закачке промстоков / Тез. докл. Междунар. конф. «Освоение недр и экологические проблемы - взгляд в XXI век». – М.: 2000. С. 175-176.

280. Токарский О.Г., Токарский А.О. Предварительные результаты исследований неотектоно-геоморфологического строения в пределах горного отвода западной линзы тульского горизонта Елшано-Курдюмского ПХГ ОАО «ГАЗСБЫТСЕРВИС» / Фонды НИИГ СГУ. Саратов, 2002. 20 с.

281. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Методы инженерной геологии в исследовании экологических функций литосферы // Геоэкология. - 1998, № 4. С. 96-101.

282. Трубина К.Н. Бокситоносные отложения Подмосковского бассейна // В кн.: «Бокситы их минералогия и генезис». – М.: АН СССР, 1958. С. 336-346.

283. Уклонский А. С. Парагенезис серы и нефти. -М.: Госгеолиздат, 1940. 231с.

284. Фёдорчук В.П. Методика поисков и разведки ртутно-сурьмяного оруденения. - М.: Недра, 1964.

285. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу

поисков тектонических структур. - Саратов: СГУ, 1960. 78 с.

286. Философов В.П. и др. Отчёт по теме № 80 «Морфометрический анализ территории Саратовской области с целью выявления тектонических структур, перспективных на нефть и газ». / Фонды НИИГ СГУ. Саратов, 1963. 362 с.

287. Худяков Г. И. О геоэкологических условиях захоронений промстоков в недрах Земли. / Тр. НИИ геологии СГУ. Новая серия. Т.1. - Саратов: ГосУНЦ Колледж. - 1999. С.201-206.

288. Цветков В.К., Синяков В.Н. и др. О новых идеях в методике инженерно-геологических исследований динамики солянокупольных структур. / «Новые идеи в инженерной геологии». Труд. науч. конф. - М.: МГУ, 1996. С. 151-152.

289. Цыганков А.В. Методика изучения неотектоники и морфоструктура Нижнего Поволжья. / Тр. ВолгоградНИПИнефть. 1971. Вып. 7. - Волгоград: Нижневолжск. книж. изд-во. 255 с.

290. Челищев Н.Ф., Каштанова Т.А. и др. Подвижность металлов при кислотном декатионировании Cs - содержащего биотита // Геохимия. - 1974. № 9. С. 1420-1424.

291. Черкасов Г. Н. Геология, вещественный состав и генезис бокситов и гиббсит-аллофановых пород Западной Якутии и Прибайкалья // Литология и полезные ископаемые. - 1978, № 6. . С.17-28

292. Черкасов Г. Н., Светлицкий Н.И. и др. Высокоглинозёмистые образования некоторых минеральных источников Западного Саяна // Геология, гидрогеология и инженерная Западной Сибири. - Тюмень: -1982. С.117-128.

293. Чернышёв С.Н. Движение воды по сетям трещин-М.: Недра,1979.142 с.

294. Четвертичные отложения, рельеф и неотектоника Нижнего Поволжья. - Саратов: СГУ, 1978, 183 с.

295. Черкасов Г.Н. Геология, вещественный состав, генезис бокситов и гиббсит-аллофановых пород Западной Якутии и Прибайкалья // Литология и полезные ископаемые. - 1978. № 6. С. 120-127.

296. Черкасов Г.Н. Условия образования бокситов из глинозёмных вод типа речки Юрьевой. / В кн.: Геология месторождений цветных металлов складчатых

обрамлений Сибирской платформы. - Новосибирск: 1982. С. 3-9.

297. Четвертичные отложения, геоморфология и новейшая тектоника Среднего и Нижнего Поволжья. Ч.2. Объяснит. зап. к картам м-ба 1:500000 / Под ред. Ф.И.Ковальского. Саратов: СГУ, 1982. 123 с.

298. Чухров Ф.В., Бехрин С.И., Ермилова Л.П. и др. К вопросу об аллофанах // Изв. АН СССР, серия геологическая. - 1964, № 4.

299. Чухров Ф.В. Минералы эфемеры // Природа. 1973.

300. Шерман Г.Х., Александров Д.В. Ещё раз к вопросу об определении объёмных компонент пород по данным ГИС. // Недра Поволжья и Прикаспия, - Саратов. Вып. 19, 1999.

301. Шестаков В.М. Динамика подземных вод. - М.: МГУ, 1973. 326 с.

302. Шестаков В.М. Прикладная гидрогеология: Уч. пособ. – М.: МГУ, 2001. 144 с.

303. Шипулин Ю.К., Рыбальченко А.И., Тарасова Н.В. и др. Характеристика современного состояния использования недр для подземного захоронения промышленных отходов в Российской Федерации. Отчёт партии № 32 по объекту «Полигон 3298» в 2-х кн. / Фонды ГГП «Гидроспецгеология». - М.: 1999. Кн. 1. - 260 с. Кн. 2. 288 с.

304. Шульц С.С. Анализ новейшей тектоники и рельеф Тянь-Шаня // Зап. Всесоюзного Географического общества. Новая серия, 3, 1948. С. 37-61.

305. Шульц С.С. Геологическое строение СССР. Тектоника. // ГосНТИ лит. по геологии и охране недр. М.: т.3, 1958. 384 с.

306. Юдин Ф.П., Пименов М.К. и др. Опыт захоронения жидких радиоактивных отходов в глубинные геологические формации // Атомная энергия. - 1968. т. 25, вып.2. С. 128-131.

307. Яншин А.Л., Аргиюков Б.В. и др. Основные типы крупных структур литосферных плит и возможные механизмы их образования // Докл. АН СССР. - 1977, т. 234, №5. С. 1175-1178.

308. Яковлева М.Н. О геохимии алюминия, титана, железа и кремния в условиях сернокислотного выветривания (в связи с вопросом о происхождении

бокситов) /«Бокситы. Их минералогия и генезис». – М.: АН СССР, 1958. – С. 120-161.

309. Anissimov L. A., Vanshin J. V. & Tokarsky O. G. Neotectonics and Paleozoic karsts aquifers in the lower Volga region. // Proceedings Eight International Congress International Association for Engineering Geology and the Environment, Canada. 1998. P. 2199-2204.

310. Barton D.C. Mechanics of formation of salt domes with special references to Gulf Coast salt domes of Texas and Louisiana. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 9, 1933.

311. van Breemen N. (1976) Genesis and solution chemistry of acid sulfate soils in Thailand. Agric. Res. Rep. 848, 263 p. (Ph.D. Thesis).

312. Krauskopf K. Geology of High-level nuclear waste disposal // Ann. Rev. Earth Planet Sci. 1988. №16. P. 173-200.

313. Langer M. Current status of geotechnical research on the long term safety of permanent repositories for nuclear waste. BGR circular № 5. 1988. 33 p.

314. Langer M. The salt dome of Gorleben - Target site for the German radioactive waste repository // Geological problems in radioactive waste isolation. A world wide review. University of California, 1991. P. 57 - 67.

315. Lechler S. Kavernenspeicher Lesum-Arfahrungan beam Bay und Betrieb. «Erdoel-Erdgras – Z», 1974, 90, № 3, P. 80-87.

316. Nettleton L. L. Fluid mechanics et salt domes. Bull. Amer. assoc. petrol. geol., vol. 18. № 9, 1934.

317. Nordstrom D.K. The effect of sulfate on aluminum concentrations in natural waters: some stability relations in the system  $Al_2O_3-SO_3-H_2O$  at  $298^0 K$  // Geohim of Cosmochim Acts.- 1982. -Vol. 46. P. 601 - 612.

318. Hardy H.R. e.a. Investigation of residual stresses in salt. 5<sup>th</sup> Sump. Salt. Vol. 1. Cleveland, Ohio, 1980, P. 55-63.

319. Hartmann E. Krankheit als Standortproblem. Geidelberg., Karl F. Haung, 1982.

320. Osipov V., Makarov V. Geopathogenesis as a hazardous natural phenomenon. // II Prick. Int. Symp. On Geol. Geology and Environment. /Athens/ Greece 12-27 June 1997, Vol. 2, P.2053-2060.

321. Priesdale S. Calculation of creep induced volume reduction of the Weeks Island SPR facility using 3D finite element methods. Key Guest., Rock Mech. Pric. 29<sup>th</sup> U.S.Sump., Minneapolis, 13-15, 1988. Rotterdam Brookfield, 1988. - pp. 343-350.
322. Problems of Underground disposal of waste. Report of the IAEG Commission № 14. Paris, 1989. 58 p.
323. Smith E.E., Shumate K.S. Direct oxidation by adsorbed oxygen during acidic mine drainage // Science.- 1970. -Vol. 169, № 3940. 98 p.
324. Trusheim F. Mechanism of salt migration on northern Germany // Bull. Amer. Assoc. Petrol., 1960. № 44, P. 1519-1540.
325. Wassmann T.H. Mining Subsidence in Twente, East Netherlands. «Geology en Mijnbouw», 1980, 59, № 3, P. 225-231.

a