

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**Корреляционная методика разделения геофизических аномалий и опыт
ее применения на территории Богородского нефтяного месторождения.**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 5 курса 501 группы
Направления 05.03.01 геология
Геологического факультета
Шульгиной Татьяны Николаевны

Научный руководитель
К.г.-м.н., профессор

дата, подпись

М.И. Рыскин

Заведующий кафедрой
К.г.-м.н., доцент

дата, подпись

Е.Н. Волкова

Саратов 2016

ВВЕДЕНИЕ

Основным методом поиска и подготовки нефтеперспективных объектов к бурению является сейсморазведка. Однако стоимость ее постоянно растет. Это связано с тем, что приходится сталкиваться с год от года возрастающей глубиной исследований и усложнением геологических условий проведения разведочных работ. Поэтому недропользователи проявляют заинтересованность в поиске средств снижения стоимости поискового этапа. Одним из таких средств служит комплексирование сейсморазведки с более дешевыми «легкими» методами геофизики – такими как грави- и магниторазведка, по материалам которых можно прогнозировать перспективные объекты. При этом предполагается, что с решением задачи выявления объектов могут справиться вышеназванные легкие методы, а на долю сейсморазведки выпадет только подготовка этих объектов к бурению. Одной из востребованных моделей такого комплексирования является корреляционная модель интерпретации, использованная в предлагаемой бакалаврской работе.

В ней излагаются результаты корреляционного анализа комплексной геофизической информации по территории Богородского нефтяного месторождения, расположенного на севере Саратовской области в зоне сопряжения Жигулевского свода с Иргизским прогибом. Здесь в 2003 году по сейсморазведочным работам 2D ОАО «Саратовнефтегеофизика» намечались Южно-Богородское и Стереховское поднятие, однако вскоре авторы от своих предложений по этим объектам отказались. В 2004, 2006 и в 2011 годах по результатам комплексной интерпретации гравимагнитных данных с сейсморазведочными, проведенной на кафедре геофизики СГУ им. Чернышевского, были получены косвенные данные в пользу существования Стереховского объекта. В связи с этим автору показалось целесообразным продолжить работы по комплексной интерпретации имеющихся данных с акцентом на корреляционных преобразованиях и оценке возможностей прогнозирования вышеназванных объектов, поскольку прежде больше

внимания было уделено физико-геологическому моделированию - построению согласованных физико-геологических моделей (ФГМ) предполагаемых Стереховского и Южно-Богородского поднятий. Причем, в отличие от исследований 2003 – 2011 гг., в настоящей работе использованы малые объемы эталонных данных, поскольку хотелось уяснить возможности решения прогнозных структурных задач с минимальными эталонными массивами. Ведь чаще всего хочется получить структурную основу для выбора первоочередных направлений поисково-разведочных работ по всей закартированной легкими методами исследуемой площади, имея в своем распоряжении всего несколько эталонных сейсморазведочных профилей. Именно такая постановка задачи выявления перспективных объектов является наиболее актуальной.

Таким образом, цель бакалаврской работы состояла в проведении корреляционных преобразований комплексной геофизической информации с задачей осуществления прогнозных построений структурного характера, опираясь на малые массивы исходных данных.

Для достижения этой цели в первом разделе работы рассмотрены основные положения корреляционной модели интерпретации и методики корреляционного разделения (КОМР) геофизических аномалий, во втором разделе - имеющиеся данные по геолого-геофизической характеристике разреза территории, в третьем разделе проведены вычислительные эксперименты и проанализированы их результаты в сопоставлении с ранее полученными материалами.

Основное содержание работы

Первый раздел работы посвящен рассмотрению корреляционной модели комплексной интерпретации геолого-геофизических данных, включая методику корреляционного разделения геофизических аномалий.

Основным средством разрешения проблем неединственности и неустойчивости обратных задач геофизики служит комплексная интерпретация геофизических данных, которая основана на существовании определенной количественной взаимосвязи между геофизическими аномалиями и геологическими объектами. Математические модели такой интерпретации, в зависимости от способов формирования параметров и их описания, подразделяются на детерминированные и вероятностно-статистические. В практической деятельности из моделей последнего класса особенно востребованной является корреляционная.

Процесс геологического истолкования геофизических аномалий в рамках корреляционной методики подразделяется на два этапа.

1. Выявление и описание связи между изучаемой геологической характеристикой H и комплексом геофизических характеристик (значения напряженности поля силы тяжести Δg , магнитного поля ΔT и т.п.) на некоторой совокупности точек, где эти характеристики определены, заданы (эта совокупность представляет собой эталонное пространство Φ).

2. Прогнозирование геологической характеристики H по принципу аналогий на некотором прогнозном пространстве Ψ с помощью установленной на эталонном пространстве связи в виде некоторого оператора $A\Phi$.

Важнейшими моментами процедуры прогнозирования в рамках корреляционных методов является обоснование правомерности применения принципа аналогий и независимый контроль качества прогнозного оператора связи. Независимый контроль качества корреляционной процедуры, как правило, осуществляется в точках эталонного пространства, которые не использовались в формировании прогнозного оператора.

На практике корреляционная модель интерпретации реализуется в двух ипостасях: многомерной регрессии и предварительного разделения поля. К последней относится использованная в работе модель КОМР (корреляционный метод разделения) геофизических аномалий.

Сущность методики КОМР состоит в выделении из суммарного геофизического поля некоторой остаточной составляющей F , как угодно тесно (в смысле величины коэффициента корреляции) связанной с изучаемой геологической характеристикой H . Т.е. геофизическое поле F разделяется на "полезную" остаточную составляющую, которая отражает структуру изучаемого объекта и составляющую-помеху, обусловленную другими геологическими факторами. По смыслу это должна быть некоторая региональная составляющая поля F . Она называется "геофизическим фоном" и обозначается F_f .

Важно отметить, что геофизический фон всегда должен быть более низкочастотным, чем полезная (остаточная) составляющая. Фоновая компонента аппроксимируется некоторым полиномом степени n от координат эталонных точек x и y . В качестве характеристики H обычно выступает глубина залегания некоторой геологической поверхности, которая недостаточно изучена по площади. Метод может служить эффективным средством прогнозирования геологической характеристики H в тех участках, где она неизвестна.

Метод КОМР является естественным обобщением традиционного тренд-анализа. Но если в тренд-анализе идея наилучшей аппроксимации структурной поверхности реализуется сразу многочленом N_{tr} , то в КОМРе одновременно делается попытка извлечь из прогнозирующего поля дополнительную информацию о геологической поверхности N с целью снижения ошибки прогнозирования. Прогнозирование N становится возможным лишь тогда, когда достигнута достаточно тесная и устойчивая корреляционная связь между N и остаточной составляющей F_0 для всей области исследования. В корреляционном методе разделения заранее не фиксируется значение порядка n фонового многочлена, которое характеризует сложность помехи в конкретных геологических условиях. Если помеха, искажающая корреляционную связь между полем и геологической границей, проста по своей структуре, то она может быть достаточно хорошо описана фоном невысокого порядка. Если же она сложно изменяется вдоль плоскости наблюдений, то для ее аппроксимации требуется более гибкий многочлен, т.е. фон более высокого порядка. Однако неконтролируемое увеличение порядка фонового многочлена может принести к так называемому эффекту "подстраивания" фона под структуру эталонной геологической характеристики. Последнее недопустимо, так как в этом случае увеличение коэффициента корреляции (уменьшение ошибки приближения) достигается не за счет извлечения полезной информации из исходного геофизического поля, а путем описания самой геологической характеристики на эталоне при помощи фонового многочлена. В этой связи возникает проблема выбора оптимального значения порядка многочлена, которая решается следующим образом.

Для различных значений n , начиная с $n=1$, во всех эталонных точках вычисляются фоновая и остаточная составляющие F . Для этих составляющих рассчитывается ряд статистических характеристик, по изменению которых с возрастанием n можно выбрать n ОПТ. К числу этих характеристик относится $D(F_0, n)$ - дисперсия остаточной составляющей. При n ОПТ должен достигаться

минимум $D(F_{0,n})$ или среднеквадратического отклонения $S(F_{0,n})$. Этот критерий введен по аналогии с традиционными методами выделения локальных аномалий, дисперсия которых уменьшается по мере возрастания степени фонового многочлена. Критерий оказался эффективным во многих геологических ситуациях. Другим критерием является условие минимизации коэффициента корреляции $R(H, F_{0,n})$ между фоном и H . Целесообразность введения данного критерия подтверждается тем, что помехи (a , следовательно, и фон, их описывающий), ухудшающие корреляционную связь полезной аномалии с характеристикой H , сами должны плохо коррелироваться с последней.

Если имеются точки с известными значениями H , не входившие в эталонную выборку, из них можно образовать контрольную выборку и на ней проверить, насколько вычисленные значения H в этих точках отличаются от истинных.

В тех случаях, когда кроме исследуемой геологической характеристики H и одного геофизического поля F имеется ряд дополнительных геолого-геофизических параметров (например, геофизические поля другой природы, отметки рельефа местности, структура неглубоко залегающей и хорошо изученной геологической границы и др.), корреляционный метод разделения геофизических аномалий целесообразно применять в его многомерном варианте. Это позволяет учесть всю имеющуюся геолого-геофизическую информацию и повысить тем самым эффективность анализа сложно построенных геофизических полей и точность геологического прогноза. Применение метода в его многомерном варианте может быть положено в основу комплексирования геофизических методов разведки при решении широкого круга геологических задач.

Во втором разделе бакалаврской работы рассматриваются о геологическом строении и геофизической характеристике разреза Богородского лицензионного участка. Общие представления о геологическом строении территории

сложились

при изучении северной части левобережья Саратовской области геологической и гравиметрической съемками М 1:200000. В последующем территория Богородского лицензионного участка изучалась структурным и глубоким бурением, сейсморазведкой МОВ и МОГТ, гравиразведкой и аэромагниторазведкой М 1:50000, проводилось изучение газовых и тепловых характеристик приповерхностных отложений (геохимические исследования), направленное на поиски месторождений нефти и газа. Также проводился микросейсмокаротаж.

Глубоким бурением установлено, что на Богородском участке толщина осадочного чехла меняется от 1850 м до 2000 м за счёт наращивания или сокращения разреза терригенного девона. На останцах рельефа фундамента отсутствуют рифейские отложения, а терригенные отложения среднего девона имеют сокращённую мощность (в глубокой скв. 2 Богородской всего 5-7 метров) и залегают на гранито-гнейсах фундамента.

Площадь работ расположена на Русской плите, на южном склоне Жигулевского свода, где девонские отложения залегают на гранито-гнейсах архей-нижнепротерозойского кристаллического фундамента. Южнее располагается Иргизский прогиб, разделяющий Жигулёвский и Пугачёвский своды. Рельеф фундамента является эрозионно-блоковым, предполагается наличие эрозионных останцов. Иргизский прогиб по материалам гравиразведки чётко фиксируется минимальными значениями изоаномал наблюденного поля, протягиваясь в субширотном направлении к югу от Богородского лицензионного участка.

По нефтегазогеологическому районированию Богородский лицензионный участок относится к Средне-Волжской нефтегазоносной области. На территории участка расположено Богородское нефтяное месторождение. В 100 - 150 км на юг и юго-запад и на таком же расстоянии на восток-юго-восток расположены месторождения углеводородов Степновского сложного вала и саратовской части Бузулукской впадины.

Обоснованием высоких перспектив Богородского участка на открытие новых месторождений УВ являются также: значительная (1850-2000 м) мощность осадочных отложений, установленных сейсморазведкой МОГТ, дислоцированность разреза и намеченные сейсморазведкой антиклинальные структуры (в том числе Южно-Богородская и Стереховская).

Богородское нефтяное месторождение по результатам бурения приурочено к брахиантиклинальной складке по кровле бобриковского горизонта амплитудой 20 м и размерами 5,8 x 3,6 км по изогипсе -1180 м. Оно состоит из одной нефтяной залежи в бобриковских коллекторах. Залежь водоплавающая, некоторые исследователи считают её литологически ограниченной. Площадь нефтеносности 3,7 км², коллектор терригенный, поровый, пористость более 20 %. Отображение структурного плана по кровле бобриковского горизонта фиксируется в отражающей поверхности пС1 а1,

В третьем разделе бакалаврской работы рассмотрены характеристики использованных при реализации корреляционных преобразований геофизических полей и проанализированы результаты выполненных вычислительных экспериментов. Для проведения экспериментов была использована программа КОМП 2008, составленная на кафедре геофизики СГУ.

Основная особенность гравитационного поля Δg , четко выявленная в его рельефе - наличие системы интенсивных аномалий, прослеживаемых в северной части территории лицензионного участка с запада-северо-запада на восток-юго-восток. Значения Δg в пределах северной части колеблются от 24 миллиГал на западном срезе планшета до 16 на восточном. Рисунок поля Δg в спокойный, значения Δg уменьшаются от севера к югу с почти постоянным градиентом. При внимательном рассмотрении можно увидеть целую систему небольших вариаций хода изолиний, вытянутых в меридиональном направлении.

Карта магнитного поля носит мозаичный характер, характеризующийся высокой степенью возмущенности. Перепад значений ΔT превышает 100нТл,

знак аномалий в основном отрицательный, но в непосредственной близости от юго-восточного и западного ограничений площади анализа фиксируются четко локализованные плюсовые "всплески". В восточной половине участка располагается относительный минимум, в пределах которого располагается площадь Богородского месторождения. Особенность структуры поля ΔT состоит в последовательном уменьшении с севера на юг значений этого поля, начиная от относительного максимума ($\Delta T_{\max} \sim -175$ нТл) и до полосы минимумов, в пределах которых интенсивность аномалий колеблется на уровне $-215 - -240$ нТл.

При осуществлении корреляционных преобразований в качестве прогнозирующих параметров попеременно использовались массивы Δg (G) и ΔT , в качестве прогнозируемой геологической характеристики Н – значения глубин залегания структурной поверхности $pC1a1$. Эталонный массив сформирован из данных о глубинах залегания этой поверхности по трем сейсмическим профилям, два из которых пересекают Богородское месторождение (операторное пространство) и один – профиль 0303012 - проходит через предполагаемые Южно- Богородское и Стереховское поднятия (контрольное и прогнозное пространства). С применением методики КОМП было решено 4 задачи.

Рассмотрим вначале результаты вычислений по задаче с прогнозирующим полем Δg (G), решавшейся без контрольного массива. Стандартное отклонение $\Delta g(G)$ в исходном массиве составило 2.749мГал. Из рассмотрения динамики изменения величины стандарта остаточной составляющей $S(G_0)$ с ростом степени фонового многочлена следует, что оптимальным является фон 3-ей степени, так как здесь фиксируется минимальное значение $S(G_0)=0,535$. С 4-ого фона начинается подстраивание фона под изучаемую поверхность (геологическую характеристику) Н. По критерию $R(H, G_n)$ на 3-ем фоне также фиксируется локальный минимум этой величины, равный $-0,452$. Коэффициент множественной корреляции $R(H/G_0, T)$ достигает при $n=3$ довольно значительной величины 0,854, и ошибка

прогнозирования составляет всего 13м. Это, на первый взгляд, говорит о возможности построения прогнозной структурной pC_{1a} с сечением 25м. Однако чтобы убедиться в том, такая возможность вполне реальна, понадобилось проверить ее на независимый контроль, то есть решить прогнозную задачу с использованием массива контрольных точек (задача 2). Из анализа полученных данных выяснилось, что эта задача не дала оптимального решения, и найденный прогнозный оператор не выдержал независимого контроля: ошибка приближения $E_k(H)$ оказалась на порядок больше, чем на эталоне - 54 м вместо 5,3 м.

Аналогичная задача решалась с контрольным массивом (12 точек по профилю 0303012), но с постановкой на место прогнозирующего параметра поля ΔT (задача 3). В процессе разделения прогнозирующего поля ΔT величина коэффициента корреляции возрастает до третьего фона включительно, но все равно остается не значимой. Отсюда можно заключить, что значения ΔT использовать в качестве прогнозирующего параметра не имеет смысла и целесообразно вновь вернуться к оценке возможностей в этом качестве поля Δg (G).

С этой целью была решена задача с прогнозными точками (задача 4). Прогноз был осуществлен по тем же двенадцати точкам, которые ранее использовались как контрольные. Оценки, полученные по анализу эталонной области, практически совпали с полученными по задаче 2. Из вычисленных программой КОМП 2008 значений H_p в прогнозных точках и их расхождений $H - H_{пр}$ с эталонными, следует, что ошибки прогноза по отдельно взятым точкам принимают порой очень большие значения. Так, например, в точке 32 (на конце профиля 0303012) прогнозная величина составляет 2492м, а расхождение с эталоном 662м. Это подтверждает ранее сделанный вывод о невозможности прогнозирования глубин залегания структурной поверхности pC_{1a} по полю Δg (G).

Аналогичный вывод следует и из анализа результатов корреляционного разделения по задаче 5, в которой были задействованы и контрольный и прогнозный массивы, (сформированные из точек по профилю 0303012.). Ошибка прогноза составила на четвертом фоне 45 м, тогда как в операторном массиве ее величина 5м. Значения стандартных отклонений с ростом степени фонового многочлена непрерывно возрастают, хотя и не превышают значения $S(G)$ до разделения поля. Значительные ошибки расхождений $H - H_{пр}$ (более 100м) в прогнозе приходится на последние точки контрольного массива, которые в этой задаче задавались как прогнозные.

Таким образом, при решении поименованных задач получить удовлетворительного решения не удалось. В целом по результатам проведенных автором вычислительных экспериментов с программой КОМП 2008 видно, что мощности эталонного массива для ответа на вопрос о возможности прогнозирования структурных планов в исследованном интервале разреза недостаточно. Однако расширить область анализа в исследованной части Богородской площади попросту не удалось, поскольку необходимой сейсмической информацией, кроме упоминавшихся профилей, я не располагала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной бакалаврской работе сделана попытка осуществить прогнозные структурные построения (с использованием геопотенциальных полей) по одному из горизонтов осадочного чехла разреза Богородской площади с опорой на массив эталонных сейсмических данных малой мощности.

В первом разделе работе достаточно обстоятельно рассмотрены необходимые для решения этой задачи вопросы теории и практики корреляционных преобразований геофизической информации, на основе которых решалась поставленная задача. В свою очередь, во втором разделе приведены необходимые данные о геолого-геофизической характеристике разреза, а в третьем проанализированы исходные геофизические поля – гравитационное и магнитное -, а также данные сейсморазведки по трем профилям, которые использованы для формирования эталонного массива значений изучаемой геологической характеристики H (пС_{1al}). В том же третьем разделе приведены и проанализированы результаты проведенных вычислительных экспериментов.

Эти результаты показали, что, несмотря на благоприятный по некоторым из решенных задач характер разделения прогнозирующего поля и динамику изменения ряда оценок тесноты корреляционной связи параметров,

осуществить прогнозные построения не удастся, так как вычисляемый программой КОМП оператор прогнозирования H не выдерживает независимого контроля. Однако, при решении задачи 1, где эталонный массив состоял из 32 точек (контроль не проводился) были получены оптимальные по всем критериям оценки. Во всех остальных задачах с контролем эталонное пространство было фактически сужено до 20 точек и решения оказались неоптимальными. Значит, для получения желаемого результата надо расширить эталонное пространство до 35-40 точек. Но как-то варьировать конфигурации операторного и контрольного пространства в рамках имевшейся в распоряжении автора исходной информации оказалось невозможно из-за крайней ограниченности площади анализа. Представляется, что для решения такой задачи, которая поставлена в бакалаврской работе, необходимо располагать более широкими возможностями в отношении выбора площади исследований и исходного геофизического материала.