

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

«Изучение геофильтрационной обстановки по данным метода вызванной поляризации (на примере песчано-глинистых отложений Большеглушицкого района Самарской области)»

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 геология
геологического ф-та
Фединой Наталии Сергеевны

Научный руководитель

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

В.Ю.Шигаев

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2019

Введение. Дефицит пресной воды – явление, знакомое человечеству с древнейших времен [Данилов-Данильян, 2005]. В наши дни водный кризис приобретает глобальные масштабы как у нас в стране, так и за рубежом [Томаков, 2018].

Поверхностные питьевые воды в наибольшей мере подвергаются возможности промышленного, сельскохозяйственного и бытового загрязнения. В связи с этим одним из важнейших источников пресной воды являются подземные воды, поиск которых является важной и актуальной задачей [Роджерс, 2015].

Основными электроразведочными методами поисков и предварительной разведки месторождений пресных, пластовых и грунтовых подземных вод являются вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ), а также их комплексирование с методом вызванной поляризации (ВЭЗ-ВП).

Актуальной проблемой при поиске пресных и слабосоленых вод является оценка геофильтрационной обстановки, которая предполагает изучение факторов, влияющих на динамику подземных вод в песчано-глинистых отложениях верхней части геологического разреза. При этом анализируются степень глинистости, фильтрационные особенности и минерализация вод в водоносных горизонтах, которые считаются одними из основных исходных данных, необходимых для прогноза режима грунтовых вод и выделения перспективных водоносных горизонтов [Шарапанов, 1974].

Целью данной бакалаврской работы является изучение геофильтрационной обстановки по данным метода ВЭЗ-ВП (на примере песчано-глинистых отложений Большеглушицкого района Самарской области).

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

1. Ознакомиться с историей создания и основными этапами развития метода вызванной поляризации.
2. По литературным данным изучить теоретические основы метода вызванной поляризации, методику работ и применяемую аппаратуру, а также

возможности метода при решении инженерно-геологических и гидрогеологических задач.

3. Привести геолого-геофизическую характеристику района работ, особенности методики исследований методами ВЭЗ, ВЭЗ-ВП.
4. Используя корреляционные графики зависимостей электроразведочных параметров от геофильтрационных характеристик горных пород различной литологии, рассчитать по данным ВЭЗ, ВЭЗ-ВП коэффициенты фильтрации, минерализации и глинистости.
5. Построить распределение по изучаемой площади полученных геофильтрационных параметров и дать рекомендации по закладке водозаборов.

Работы проводились Саратовской гидрогеологической экспедицией ФГУПП «Волгагеология» на территории Большеглушицкого района Самарской области. Площадь работ составила 2534 км². Материал для проведения исследований получен автором на основании анализа фондовых материалов ФГУПП «Волгагеология» Саратовская Гидрогеологическая Экспедиция [Соколов, 2008]. На данной площади проведен большой объем электроразведочных исследований, решающих гидрогеологические и инженерно-геологические задачи. Однако, на взгляд автора вопросам оценки геофильтрационной обстановки при проведении этих работ было уделено не достаточно внимания.

ВКР выполнена на 87 страницах машинописного текста и состоит из раздела 1 «История создания и основные этапы развития метода вызванной поляризации»; раздела 2 «Теоретические основы метода вызванной поляризации, методика и аппаратура. Применение метода вызванной поляризации для решения гидрогеологических задач», который состоит из подраздела 2.1 «Физико-геологические основы метода вызванной поляризации», подраздела 2.2 «Методика проведения измерений», подраздела 2.3 «Применяемая аппаратура», подраздела 2.4 «Применение методов вызванной поляризации для решения гидрогеологических задач и инженерно-

геологических задач»; раздела 3 «Геолого-геофизическая изученность площади», который состоит из подраздела 3.1 «Геоэлектрическая характеристика разреза», подраздела 3.2 «Тектоника», подраздела 3.3 «Геолого-гидрогеологическая характеристика разреза», подраздела 3.4 «Методика работ методами ВЭЗ, ВЭЗ-ВП», параграфа 3.4.1 «Электроразведка методом ВЭЗ», параграфа 3.4.2 «Электроразведка методом ВЭЗ ВП»; раздела 4 «Полученные результаты», который состоит из подраздела 4.1 «Физико-геологические основы определения геофильтрационных характеристик горных пород», подраздела 4.2 «Оценка геофильтрационных характеристик разреза по данным метода ВЭЗ-ВП».

Работа содержит 37 рисунков, 5 таблиц, 6 приложений, список использованных источников содержит 28 наименований.

Основное содержание работы. Первым ученым, который стал заниматься процессами, связанными с электричеством в земной коре был М.В. Ломоносов, который вместе с Г.В. Рихманом, изучал грозовые явления в атмосфере. Позже, в 1829 году, А. Фокс впервые в истории применил электричество при поисках полезных ископаемых. Дальнейшие успехи в разработке теоретических основ метода и вопросах его успешного практического применения связаны с именами К. Шлюмберже, В.Р. Бурсиана и С.М. Шейнманна. Простую для практического использования теорию метода разработал В.А. Комаров [Комаров, 1972]. Важность применения метода ВП для инженерных и гидрогеологических работ обосновали Н.Н. Шарапанов с соавторами [Шарапанов, 1974], А.А. Огильви [Огильви, 1990]. Отметим также работы М.Н. Бердичевского, В.П. Губатенко, Б.С. Светова, М.С. Жданова, внесших большой вклад в развитие теории метода ВП [Губатенко, 1991; Губатенко, Бердичевский, Светов, 1994; Светов, Губатенко, 1999 и др.]. Важно обратить внимание, что метод ВП также активно развивается за рубежом [Determination of permeability from..., .2010; An overview of the spectral induced..., 2012 и др.].

Отмечается, что метод ВП основан на изучении вторичных электрических полей в земле, которые образуются вследствие электрохимических и

электрокинетических процессов. Явление ВП связано с наличием двойного электрического слоя (ДЭС), самопроизвольно образующегося на фазовых границах «жидкость – твердое тело» [Куликов, Шемякин, 1978]. После включения внешнего источника электрического поля на одних участках ДЭС начинают накапливаться заряды положительного, а на других - отрицательного знака. Таким образом, в среде образуются электрические диполи, которые и являются источниками поля ВП. Явление ВП в ионопроводящих горных породах проявляется достаточно слабо и не превышает первых процентов от первичного поля, а в случае наличия в горных породах минералов с электронным типом проводимости может составлять десятки процентов от первичного поля [Комаров, 1972].

Указывается, что методика и техника полевых работ метод ВП наиболее близок к методу ВЭЗ. Однако необходимость измерения разности потенциалов поля ВП налагает дополнительные требования к аппаратуре и электродам. Наибольшая стабильность электродных потенциалов достигается, когда металл электродов не контактирует непосредственно с землей, а погружен в раствор собственных ионов, причем для обеспечения контакта с землей раствор помещается в пористый сосуд, проницаемый для электрического тока [Комаров, 1972]. Вызванную поляризацию характеризует ее активность:

$$A_e = \frac{\Delta U_{en}(t_1)}{\Delta U} = \frac{E_{en}(t_1)}{E},$$

где ΔU и E — разность потенциалов и напряженность поляризуемого поля; $\Delta U_{вп}$ и $E_{вп}$ — разность потенциалов и напряженность поля, замеренного через определенный фиксированный интервал времени после отключения тока (чаще всего через 0,5с.). Поляризация, выраженная в процентах, обозначается чрез $\eta = A_e \cdot 100$ %. Вторым параметром в методе ВП на постоянном токе является кажущийся параметр скорости деполяризации A , равный разности кажущихся поляризуемостей, измеренных через 1 и 11 с после отключения тока в питающей линии $A = \eta(1) - \eta(11)$. Отнесенный к кажущемуся сопротивлению этот параметр называется относительной кажущейся скоростью деполяризации: $A^* = A/\rho$.

На исследуемой площади станция вторичных полей СВП-74, которая рассчитана на регистрацию переходных электрических процессов в земле в диапазоне времени от миллисекунды до десятков минут, а также на измерение модуля и мнимой составляющей напряжения на низкочастотном переменном токе в диапазоне от 2,44 до 19,5 Гц [Огильви, 1990].

Поляризуемость (а также связанные с ней параметры A и A^*) рыхлых песчано-глинистых пород связана с рядом водно-физических и физико-химических показателей: литологией проницаемостью, пористостью, водоотдачей, глинистостью, фильтрацией и др. Данный факт предопределяет корреляционный характер связи ее с каждым из этих показателей в отдельности [Шарапанов, 1974; Огильви, 1990 и др.]. Указанные зависимости с успехом применяются при инженерных изысканиях как у нас в стране, так и за рубежом [Шарапанов, 1974; Огильви, 1990; The application of IP to the detection..., 1997; Application of comprehensive prediction..., 2017 и др.]. Таким образом, применение метода ВП позволяет выявить связь между геофильтрационной обстановкой и геофизическими параметрами: коэффициентом фильтрации (K_f), минерализацией (M) и глинистостью пород (C), которые являются основными параметрами, характеризующими геофильтрационную обстановку геологического разреза [Шарапанов, 1974; Огильви, 1990; Соколов, 2008; и др.].

Зона аэрации мощностью от 0 до 30 метров сложена песками, глинами, суглинками. Пески характеризуются максимальными значениями УЭС - (более 100 Ом·м) и минимальными - относительного комплексного параметра поляризуемости A^* (менее $0,5 \times 10^{-4}$ Сим/м). Для глин характерны минимальные значения УЭС (5-10 Ом·м), максимальные – параметра A^* ($8-15 \times 10^{-4}$ Сим/м). Суглинки, супеси характеризуются промежуточными значениями электрических параметров (УЭС = 15 - 80 Ом·м, параметра A^* = $1-5 \times 10^{-4}$ Сим/м). Водонасыщенные пески в зависимости от минерализации насыщающих их подземных вод и фильтрационных свойств характеризуются значениями УЭС от 15 до 80 Ом·м, параметра A^* - от 1,0 до $3-5 \times 10^{-4}$ Сим/м. Слабопроницаемые отложения, представленные глинами, характеризуются

значениями УЭС 8-10 Ом·м, параметра A^* - более 10×10^{-4} Сим/м. Изучаемая территория характеризуется сложными гидрохимическими условиями, фильтрационной неоднородностью водоносных горизонтов и отличается большим разнообразием и частой сменой типов геоэлектрических разрезов.

В тектоническом отношении исследуемая площадь относится к Бузулукской впадине, которая является крупным тектоническим элементом первого порядка, расположенным на юго-востоке Самарской области.

Отмечено, что Самарская область располагается в пределах Волго-Сурского, Приволжско-Хопёрского, Сыртовского и Камско-Вятского артезианских бассейнов подземных вод II порядка, входящих в состав Восточно-Русского сложного бассейна подземных вод I порядка. В пределах района исследований отсутствуют разрабатываемые месторождения подземных вод.

Работы выполнялись на продольных профилях вдоль долин рек и ручьев, балок и понижений в рельефе на расстоянии от русла от 0,5 до 1,0 км. Указанные геоморфологические элементы контролируют места скопления пресных подземных вод. Затем отрабатывались профили, направленные поперек долин. Перспективными объектами на пресные подземные воды являются также зоны повышенной трещиноватости (водообильности) в карбонатно-терригенных породах юрско-триасового комплекса не связанные с речной сетью. При площадных работах методом ВЭЗ детальность наблюдений выбрана на основании расчета минимального объекта поисков – зоны пресных подземных вод площадью 5 км². Размеры установок ВЭЗ и ВЭЗ ВП выбирались в зависимости от глубины залегания перспективных водоносных горизонтов с обязательным определением подошвы изучаемого горизонта. Для обеспечения глубинности исследований 150-200 м (меловой, юрско-триасовый водоносные комплексы) длина питающей линии АВ = выбирается равной 1000 м., на участках развития неглубоко залегающих перспективных водоносных горизонтов 70-100м (преимущественно четвертично-неогеновые горизонты)

она составляет 500 метров. Расстояние между профилями ВЭЗ составило 5 км, шаг по профилю 1 км.

Работы методом ВЭЗ ВП были проведены на втором этапе исследований в пределах перспективных зон, выявленных методом ВЭЗ, с целью изучения основных геолого-гидрогеологических параметров разреза: литологического состава пород, общей минерализации подземных вод, фильтрационных свойств водонасыщенных горизонтов. Сеть наблюдения методом ВЭЗ ВП составляет 5x1 км. Учитывая, что профили и точки ВЭЗ ВП отрабатываются на детализационных участках между точками ВЭЗ и через профиль сеть наблюдений составляет 2,5x0,5 км. Объем работ методом ВЭЗ ВП составил 76 физических точек. Работы методом ВЭЗ ВП выполнялись электроразведочной станцией СВП-74 на базе а/м ЗИЛ-131 с использованием в качестве регистрирующей аппаратуры цифровой 8-канальной станцией МСВП-8.

Приведена краткая теоретическая справка и рассмотрена зависимость геофизических параметров от каждого параметра, определяющего геофильтрационную обстановку территории – K_{ϕ} , M , C и показатель контрастности K , равный отношению K_{ϕ}/M .

По результатам проведенных работ методом ВЭЗ ВП, полученных данных, анализа корреляционных зависимостей, были построены карты распределения K_{ϕ} , M и K . Построение карт распределения параметров проведено послойно, разбивка слоев проведена, опираясь на фондовые материалы.

Слой 1 характеризуется средними значениями K_{ϕ} и высокими значениями минерализации. Литологически он представлен суглинками и супесями. Слой находится выше уровня грунтовых вод (УГВ). По-видимому, породы в районе исследований засоленные (на это указывают высокие значения минерализации) и сухие, возможно трещиноватые (на это указывают средние значения K_{ϕ}). Слой 1 по полученным параметрам не может рассматриваться как перспективный.

Слой 2 характеризуется повышенными значениями K_{ϕ} и M . Можно предположить, что такое возникает из-за переслаивания песчано-глинистых пород. При этом большие значения K_{ϕ} указывают на песок, а большие значения M - характеризуют глину. Слой 2 находится ниже УГВ и по полученным параметрам не может рассматриваться как перспективный. Важно отметить, что в подошве слоя 2 выделены глины, которые для слоя 3 будут являться своеобразной крышкой.

Слой 3 характеризуется высокими значениями K_{ϕ} и низкими значениями минерализации M . Слой находится ниже УГВ. Данные позволяют нам сделать вывод о том, что данный слой является продуктивным в изучаемой толще пород и представляет собой песчаный коллектор с пресными водами. Анализ конфигурации аномального распределения параметра K позволяет выбрать наиболее перспективные участки для закладки скважин на пресные воды. Их расположение должно находиться в центре положительной аномалии параметра K , как показано на рисунке 1.

Слой 4 характеризуется низкими значениями K_{ϕ} и средними значениями минерализации M . Литологически он представлен водонасыщенными глинами, являющимися для 3 слоя коллектора крышкой. Слой находится ниже УГВ. Все эти данные позволяют нам сделать вывод о том, что слой 4 не может рассматриваться в качестве продуктивного.

Отметим, что 5 слой частично можно считать продуктивным. В центре карты совпадают значения повышенных фильтрационных свойств и пониженной минерализации, что указывает на хорошие питьевые свойства воды, находящейся в коллекторе.

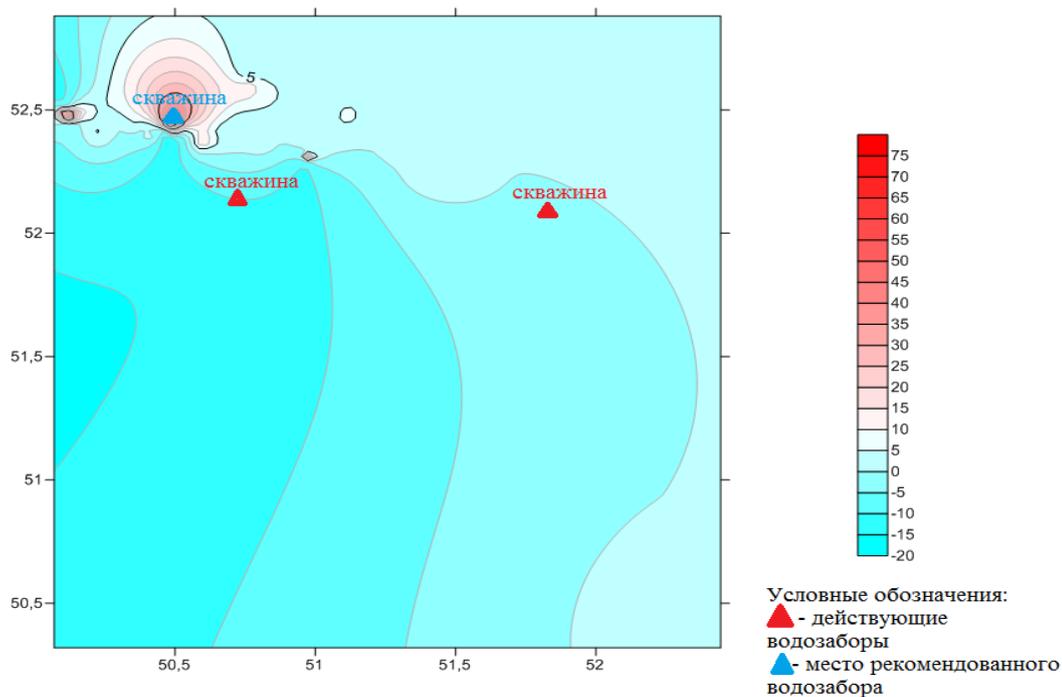


Рисунок 1. Карта распределения K по исследуемой площади для слоя 3.

Отмеченные особенности распределении геофильтрационных характеристик позволяют рекомендовать возможное расположение водозабора из 5 слоя в центре аномалии повышенных значений параметра K , как показано на рисунке 2.

Слой 6 представлен водонасыщенными известняками, с пониженными значениями K_{ϕ} и M . Говорить о продуктивности этого слоя в полной мере невозможно, так как 6 слой недостаточно изучен геофизическими, в частности электроразведочными методами. В северо-западной части участка выделена аномалия повышенных значений K , что указывает на возможные перспективы слоя в водоносном отношении.

По параметрам A^* и ρ на исследуемой площади послойно была вычислена глинистость (C) и построены карты распределения C по исследуемой площади. Диаграммы для вычисления зависимости геофизических параметров от глинистости были заимствованы из литературы [Шарапанов, 1974].

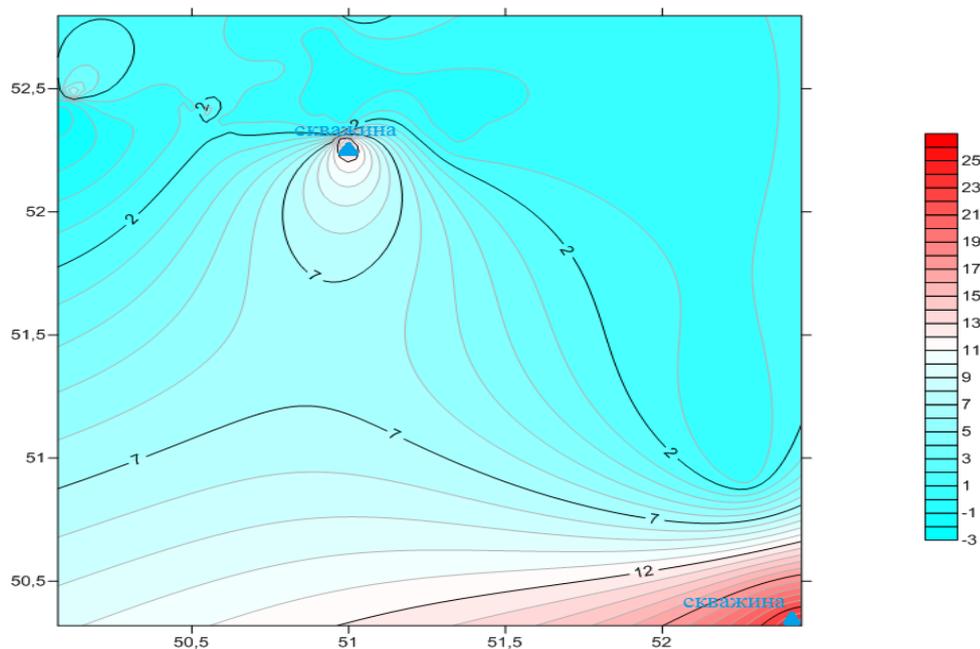


Рисунок 2. Карта распределения K по исследуемой площади для слоя 5.

По картам, построенным для исследуемой территории для параметров K_{ϕ} и M , выявлена продуктивность 3 слоя, для которого K_{ϕ} и M находятся в условиях, благоприятных для накопления пресных, подземных вод, пригодных для использования. По полученным значениям C послойно картина изменяется. Только для 1 слоя значения C находятся на предельно допустимом уровне, когда возможны формирование подземных пресных вод и их последующая добыча. Однако слой 1 находится выше УГВ и является засоленным. Учитывая выше изложенное, автор считает, что предложенные в работе [Шарапанов, 1974] корреляционные связи электроразведочных параметров A^* и ρ с литологическим составом горных пород для Большеглушицкого района Самарской области мало информативны и их практическое использование для оценки глинистости приводит к завышению расчетного показателя, что подтверждают данные параметрического бурения водозаборных скважин. Полученные результаты указывают на высокие перспективы использования методики оценки геофильтрационных характеристик песчано-глинистых отложений по данным метода ВП и позволяют рекомендовать ее для опробования в комплексе с другими электроразведочными методами при решении гидрогеологических и инженерно-геологических задач.

Заключение. Важное место в комплексе геолого-геофизических водоисследовательских работ занимают электроразведочные работы методом вызванной поляризации. Получаемые при этом материалы используются в том числе для оценки геофильтрационной обстановки на перспективных участках.

Автором по фондовым материалам Саратовской гидрогеологической экспедицией ФГУПП «Волгагеология» изучено распределение по площади Большеглушицкого района Самарской области основных геофильтрационных показателей: коэффициента фильтрации, глинистости, минерализации и даны рекомендации по бурению на перспективных участках поисково-оценочных скважин. Получению желаемых результатов способствовало решение основных задач, стоящих перед соискателем.

Автор ознакомился с историей создания и основными этапами развития метода ВП, по литературным данным освоил теоретические основы метода, методику работ и применяемую аппаратуру, а также возможности метода при решении инженерно-геологических и гидрогеологических задач, по фондовым материалам изучил геолого-геофизическую характеристику района работ, особенности методики исследований методами ВЭЗ, ВЭЗ-ВП.

Результатом проведенных исследований стали карты распределения по изучаемой территории основных геофильтрационных характеристик горных пород, слагающих верхнюю часть разреза. При этом использовались опубликованные в научной литературе корреляционные графические зависимости электроразведочных параметров от различной литологии, рассчитанные по данным ВЭЗ, ВЭЗ-ВП.

Полученные результаты позволяют считать достигнутой основную цель выпускной квалификационной работы, заключающуюся в изучении геофильтрационной обстановки по данным метода ВЭЗ-ВП (на примере песчано-глинистых отложений Большеглушицкого района Самарской области).