

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

**Козырева Владимира Ивановича «Изучение природнотехногенной системы «водоносный пласт-скважина» с использованием прецизионных гидрогеологических наблюдений на водозаборах тюменской области», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6. – Гидрогеология**

Диссертация посвящена актуальной теме обеспечения качественной питьевой водой проживающего на территории России населения. Для водоснабжения населения Тюменской области используются подземные воды. Добыча подземных вод в значительной степени осуществляется малыми автономными, групповыми водозаборами и одиночными водозаборными скважинами, для которых получение достоверных гидрогеологических параметров и граничных условий водоносного горизонта в рамках традиционных гидродинамических методов исследования затруднено. В условиях, когда существуют ограничения по времени на опытно-фильтрационные работы, когда расстояние между водозаборными скважинами малы, когда величины возмущения скважин незначительны, получить исходный материал для выполнения прогноза понижений уровня подземных вод при подсчете запасов позволяют экспресс-исследования, основанные на применении прецизионных наблюдений за уровнем подземных вод.

**Цель работы** заключается в совершенствовании методов, базирующихся на использовании прецизионных наблюдений, для определения параметров системы «водоносный пласт-скважина» и оперативного мониторинга условий эксплуатации месторождений пресных подземных вод Тюменской области.

**Задачи:** Усовершенствовать методы экспресс-исследований, технические средства и способы обработки результатов на основе применения прецизионных измерений для изучения системы «водоносный пласт-скважина (СВПС). Применить технологию комплексирования экспресс-исследований для изучения СВПС на МППВ. Определить основные параметры природнотехногенной системы «водоносный пласт-скважина» на водозаборах Тюменской области. Установить факторы, влияющие на образование гидравлических потерь в природнотехногенной системе «водоносный пласт-скважина» на водозаборах Тюменской области. Провести сопоставительный анализ результатов исследований полученных при длительных и кратковременных откачках. Оценить

влияние длительной эксплуатации месторождений пресных подземных вод на природнотехногенную систему «водоносный пласт-скважина».

В основу работы положены фактические материалы, собранные при проведении региональных исследований на территории Ханты-Мансийского автономного округа по заданию Правительства ХМАО-Югры (2013-2014 годы) в рамках целевой программы «Чистая вода» (утв. Постановлением Правительства ХМАО – Югры от 19.11.2010 г №297-п). Изучение природнотехногенной системы «водоносный пласт-скважина» проводилось и на территории Нефтеюганского района в процессе разведочных работ по выявлению резервного источника водоснабжения г. Нефтеюганска (2009 год), при пересчете запасов подземных вод Нефтеюганского МППВ (2016 г.), Пыть-Яхского МППВ (2017-2018 гг.). Диссертационная работа базируется на материалах, полученных при выполнении гидрогеологических исследований на десяти месторождениях пресных подземных вод и пятнадцати автономных ведомственных водозаборах Тюменской области, которые проводились с использованием прецизионных наблюдений. Использовались следующие методы: метод определения гидродинамических параметров посредством режимного возбуждения пласта насосным оборудованием, установленным в скважину (экспресс-откачка) и экспресс-метод, основанный на возбуждении водоносного пласта, посредством погружения под уровень цилиндрического тела фиксированного объёма (снарядное испытание скважины). Исходный материал содержит данные исследований по 155 скважинам. Изучение СВПС проведено по 124 точкам опробования, глубина скважин по Тюменской группе месторождений достигает 100 метров, на водозаборных участках Широного Приобья – 300 метров. В работе также использовались данные геологоразведочных работ, начиная с 1966 года, проводимых с целью поиска и разведки подземных вод для водоснабжения городов Тюмень, Ишим, Нефтеюганск и других населенных пунктов.

Автором осуществлен сбор, анализ и обработка фактического материала полученного в результате проведения многолетних полевых, опытно-рационализаторских работ на водных объектах г. Тюмени и Широного Приобья. Автор непосредственно принимал участие в постановке и реализации опытных гидрогеологических работ, в совершенствовании методических и технических средств исследований, анализе данных и их научной интерпретации.

В диссертационной работе сформулировано три защищаемых положения. Первое защищаемое положение посвящено комплексированию экспресс исследований, позволяющих оперативно оценивать состояние системы «водоносный пласт-скважина» и выполнять группирование водозаборных скважин, по надежности и продолжительности

их работы. Во втором защищаемом положении утверждается, что использование экспресс-методов обеспечивает достоверность расчетов при подсчете эксплуатационных запасов подземных вод, эксплуатируемых одиночными и малыми групповыми водозаборами, повышает надежность оценки изменения режима подземных вод при эксплуатации. В третьем защищаемом положении доказывается, что многолетняя эксплуатация МППВ активизирует процессы перестройки вертикальных фильтрующих каналов, что приводит к увеличению коэффициентов водопроводимости и перетекания..

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы, включающего 152 наименования и приложений А, Б, В. Объем диссертации составляет 138 с, количество таблиц – 10, рисунков – 48.

**В первой главе** рассматриваются гидрогеологические условия района исследований. Объектом изучения являются пресные подземные воды (ППВ) кайнозойского бассейна олигоцен-четвертичного возраста, который включает сложно переслаивающиеся песчано-глинистые отложения континентального генезиса. Оligocen-четвертичный комплекс - это единая водоносная система, грунтовые и межпластовые воды которой гидравлически тесно связаны, как между собой, так и с поверхностными водами. Подземные воды четвертичного водоносного горизонта распространены повсеместно, находятся в напорно-безнапорных условиях. На значительных площадях они залегают со свободной поверхностью, однако нередко перекрываются суглинисто-глинистой пачкой мощностью 2-15 м, что способствует образованию местных напоров. По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные кальциево-магниевые с сухим остатком от 0,1 до 0,7 г/л, при общем фоне 0,1-0,3 г/л. Оligocenовый водоносный горизонт, обладает хорошей водообильностью, надежно защищен от антропогенного загрязнения, имеет значительную мощность водовмещающих пород с хорошим качеством. Этот горизонт эксплуатируется многочисленными скважинами и водозаборами.

**Вторая глава** посвящена обзору исследований проведенных на основе прецизионных наблюдений. В этой главе формулируется проблема, которой посвящена диссертационная работа. Современные исследования на основе прецизионных измерений уровня подземных вод позволили обнаружить гидрогеодинамические особенности в характере изменения уровня подземных вод в слабонарушенных гидрогеологических условиях. Относительно природы возникновения колебаний и скачков уровня подземных вод, автор придерживается точки зрения, что отклонения могут быть связаны с реакцией водоносного горизонта на изменение его напряжённого состояния, что проявляется в вариациях уровня подземных вод. Изменения проницаемости флюидовмещающих пород

обуславливаются скачкообразной перестройкой структуры их порового пространства. Проявления гидрогеодеформационного (ГГД) поля связаны с процессами растяжения – сжатия горных пород в пределах различных частей геофлюидальных систем. Вследствие перестройки структуры порового пространства меняются значения водопроницаемости. Коэффициент водопроницаемости является интегральным параметром и содержит информацию о фильтрационных свойствах коллектора, призабойной зоны и скважности фильтра. Регистрацию изменения водопроницаемости во времени в случае быстропротекающих геодинамических процессов автор предлагает проводить посредством прецизионных измерений экспресс-методом. Первая группа экспресс-методов основана на проведении или прекращении откачки. Во второй группе источником возмущения напора может быть налив фиксированного объема воды в скважину или изъятие его из скважины, спуск под уровень в скважине цилиндрической ёмкости, вытесняющей определенный объем воды, отжатие уровня нагнетанием в скважину сжатого воздуха. Делается вывод, что в условиях, когда существуют ограничения по времени на опытно-фильтрационные работы; когда расстояния между водозаборными скважинами малы, в силу сложившейся схемы водозабора; когда величины возмущения скважин незначительны единственным методом, позволяющим изучить систему «водоносный пласт-скважина» и получить исходный материал для выполнения прогноза понижений уровня подземных вод при подсчете запасов является экспресс-метод.

**В третьей главе** рассматриваются методы изучения природно-техногенной системы «водоносный пласт-скважина». Рассматривается метод исследований системы «скважина-водоносный пласт», разработанный автором. В неработающей скважине замеряется уровень воды (статический уровень); скважину включают в работу и прослеживают понижение уровня во времени; фиксируют дебит ( $Q$ ); результаты наблюдений представляют в виде графика изменения произведения скорости изменения уровня на время от времени ( $V \cdot t$  от  $t$ ). Когда фильтрационный процесс стабилизируется, кривая  $V \cdot t$  будет рисоваться параллельно оси  $t$  - с оси  $V \cdot t$  снимается численное значение  $V \cdot t$ , подставляется в формулу  $T = Q / 4\pi \cdot V \cdot t$  и вычисляется водопроницаемость ( $T$ ). Гидравлические потери вычисляются как разность понижений (фактического понижения и рассчитанного на внешней стенке скважины).

Подробно рассматриваются методы, основанные на мгновенном изменении уровня воды в опытной скважине посредством специальных приборов и опробователей пластов. Делается вывод, что усовершенствованный метод, основанный на мгновенном возмущении напора водоносного пласта посредством погружения цилиндрического

снаряда под уровень воды в скважину с последующей прецизионной регистрацией его изменений, позволяет снять ограничения применимости экспресс-методов в хорошо проницаемых породах и избежать погрешностей в результатах при интерпретации опытных данных.

**В четвертой главе** приведены результаты применения экспресс-методов на месторождениях пресных подземных вод, приведен сопоставительный анализ экспресс и традиционных методов исследования. Эта глава занимает значительный объем, здесь приведены полученные автором результаты исследования.

Комплексирующие экспресс-исследования на длительно эксплуатирующихся месторождениях пресных подземных вод позволяют получать достоверную информацию о состоянии системы «водоносный пласт–скважина». Если скважина находится в эксплуатации, то выполняются следующие виды исследований: регистрация уровня воды и дебита на каждом режиме работы с отбором проб воды на изучение содержания механических примесей на рабочем и максимальном режимах, с прослеживанием восстановления уровня воды в скважине или понижения уровня воды в работающей скважине. Если скважина не работает, то для ее исследования применяется метод, который содержит следующие виды работ: погружение под уровень воды в скважине цилиндрического тела фиксированного объема, регистрацию изменения уровня воды в ней, а также измерение глубины забоя. В результате получают следующие гидродинамические параметры: коэффициент водопроводимости, гидравлические потери напора на фильтре скважины и динамические уровни в зависимости от производительности последней, содержание твердых механических примесей в воде для работающих скважин, качественные характеристики фильтра и глубину забоя для неработающих скважин. Результаты исследований анализируются и увязываются с данными о конструкции фильтра. Сопоставление результатов, полученных в разные сроки, дает возможность оценить качество фильтра, установить тенденцию развития неустойчивых процессов в призабойной зоне и определить оптимальный режим эксплуатации системы в целом.

Автор выделяет две зоны фильтрации, в зависимости от удалённости последних от скважины:

- дальнюю - зону движения воды в пласте к скважине, где работают гидравлические сопротивления, обусловленные в основном степенью проницаемости водоносных пород и месторасположением фильтра в пласте;

- ближнюю - зону движения воды из водоносного пласта в скважину через фильтр и призабойную зону, где работают гидравлические сопротивления, отвечающие сопротивлениям фильтра и призабойной зоны.

Гидравлические сопротивления, обусловленные состоянием порового пространства скелета флюидовмещающих пород, могут изменяться в зависимости от степени подверженности скелета породы к механическим деформациям (сжатия или растяжения). При деформациях сжатия поровое пространство скелета уменьшается, часть трещин в глинистых породах смыкается, гидравлические сопротивления увеличиваются, возрастает и величина гидравлических потерь. При деформациях растяжения поровое пространство увеличивается, глинистые породы растрескиваются, трещины размыкаются, гидравлическое сопротивление уменьшается и, соответственно, становятся малыми гидравлические потери. Приток воды к скважине увеличивается. Перестройка структуры порового пространства интенсивнее происходит, когда водоносный пласт находится в процессе эксплуатации. В этом случае достаточно небольшого воздействия, которое повлечёт потерю устойчивости системы, сопровождающейся трещинообразованием. Кроме того, сама фильтрация воды к скважине приводит к перестройке потоков течения в окрестностях точки наблюдения, к появлению неоднородного и несимметричного относительно скважины распределения поля напоров, а, следовательно, и поля напряжений, действующих на скелет. Это приводит к изменениям гидравлических сопротивлений пласта и соответственно к изменениям гидравлических потерь напора на фильтре скважин.

Гидравлические потери на фильтрах скважин связаны с гидравлическими сопротивлениями, образующимися в призабойной зоне и при фильтрации воды из водоносного пласта в скважину. Указанные сопротивления формируются при недостаточной скважности фильтра, глинизации призабойной зоны, нарушении её структуры при бурении и обсадке скважины, при неправильном подборе гравийной обсыпки, при различных нарушениях технологии оборудования скважины и её эксплуатации.

Комплексирование методов экспресс-анализа применялось автором на 105 скважинах Велижанского и Нижнетавдинского водозаборов. В 44 скважинах применялся метод снарядного испытания, в остальных экспресс-откачка.

Величины гидравлических потерь на фильтрах водозаборных скважин Тюменской группы месторождений зависят, в основном, от качества сооружения фильтра в процессе бурения и освоения скважин. Количественные показатели этих потерь со временем не изменяются, что указывает на отсутствие кольматажа фильтра. Вынос твердых

механических примесей в воде через фильтр указывает на некачественный процесс сооружения фильтра или на неверный выбор типа фильтра для данных гидрогеологических условий. После строительства скважин, разнонаправленные изменения гидравлических потерь во времени указывают: - на структурно-механическую неустойчивость горных пород призабойной зоны и водоносного пласта в целом; - на неустойчивость структуры порового пространства предварительно напряжённой системы.

Такие изменения потерь напора могут быть вызваны деформационными процессами, происходящими в гидрогеодеформационном поле земли или факторами, обусловленными несоблюдением обслуживающим персоналом правил эксплуатации водозаборных скважин без должного контроля за уровнем режимом и дебитом скважины, приводящим к гидравлическим ударам и пр.

Диссертант пришел к выводу, что информация экспресс-исследований позволяет получить данные для систематизации эксплуатационных скважин по степени надёжности их работы. В зависимости от степени каптажной надёжности по критериям запескованности, потерь напора на фильтре, выноса взвешенных частиц, инерционности скважины и её санитарного состояния, обследованные 105 скважин были разбиты на три группы: эксплуатация которых в дальнейшем невозможна (8%), с признаками, влияющими на их работу (43%) и пригодные для дальнейшей эксплуатации (49%). Первая группа характеризуется малой площадью фильтра (засыпан), низкими значениями параметра  $Vt$  и большими значениями времени наступления первой экстремально-опорной точки, связанной с кольматацией фильтра и ухудшением его скважности. Ко второй группе относятся скважины с пескованием выше нормы (0.1 г/л), с плохим санитарным состоянием, потерей напора на фильтре (свыше 5м при дебите 1000 м<sup>3</sup>/сут), уменьшением рабочей части фильтра.

Диссертант произвел сопоставление результатов экспресс и традиционных методов исследования. Длительные кустовые откачки выполнены на Нефтеюганском, Пыть-Яхском МППВ и на резервном водозаборе г. Нефтеюганска. Исследования проводились в период 2008-2018 годов. Продолжительность откачек варьировала от 1 суток до 120 суток.

Экспресс-исследования проводились в период 2008-2010 годов на малых автономных водозаборах, которые обслуживают поселки и нефтепромыслы Широного Приобья. Продолжительность опытов варьировала от 30 минут до 2 часов.

Результаты сопоставления позволяют сделать вывод, что сопоставимость значений коэффициента водопроводимости, определенных по результатам длительных одиночных откачек и экспресс-методом, позволяет использовать данные кратковременных прецизионных исследований в прогнозных расчетах при подсчете запасов пресных

подземных вод на участках недр, эксплуатируемых одиночными и малыми групповыми водозаборами, когда отсутствует возможность постановки полноценных гидродинамических исследований.

На основании исследований с применением прецизионных измерений в течение более 30 лет на многих месторождениях при проведении переоценочных работ позволили диссертанту сделать вывод, что на месторождениях пресных подземных вод, которые эксплуатируются длительное время, интенсивно происходит трансформация фильтрационных свойств горных пород. Изменяются коэффициент водопроницаемости, фактор и коэффициент перетекания. При переоценке фиксируется понижение уровня меньше, полученного при исследовании скважины на разведочной стадии при меньшем дебите. Данный факт свидетельствует об изменении состояния фильтрационной среды месторождения в период его эксплуатации. На основании этого диссертант заключает, что объем воды, оцененный в период разведочных работ без учета процессов изменения фильтрующей среды, занижен. С другой стороны, улучшение состояния фильтрационной среды ухудшает степень защиты подземных вод от техногенного воздействия.

**В заключении** делается вывод, что использование прецизионных наблюдений за уровнем подземных вод в полевых исследованиях экспресс-методами позволяет уменьшить продолжительность исследований и, тем самым, сократить материальные затраты при выполнении опытно-фильтрационных работ на водозаборах Тюменской области. Акцентируется внимание на том, что в основном величины гидравлических потерь в системе «водоносный пласт-скважина» зависят от качества сооружения фильтра в процессе строительства, освоения и пробной эксплуатации скважины. Дальнейшая динамика изменения гидравлических потерь указывает на структурно-механическую неустойчивость напряженной системы «водоносный пласт-скважина». Структурно-механическая неустойчивость может вызываться деформационными процессами, происходящими в породах или техническими факторами.

Но вместе с тем имеются вопросы и замечания к диссертационной работе.

#### **Замечания к диссертационной работе**

1. На рисунках 4.9-4.12 приведены графики зависимости гидравлических потерь от дебита скважин. Все скважины имеют разную зависимость, хотя пробурены, вероятно, недалеко друг от друга, т.к. располагаются на одном участке водозабора. С чем это связано, устанавливались разные фильтры, или проявляется другая причина.
2. Ни какой зависимости между площадью фильтра от времени наступления первой Э.О.Т на рисунках 4.14 и 4.15 не просматривается.

3. Осталось не выясненным, каким образом на применение прецизионных методов гидрогеологических наблюдений оказывают влияние многолетнемерзлые породы. Об этом диссертант начинал говорить при описании Холмогорского МППВ, но выводов не сделано.
4. В приложении А приведены многочисленные рисунки, которые ни как не интерпретируются в тексте диссертации. На них приведены графики зависимости  $Vt$  от  $t$ , полученные экспериментально в скважинах на различных месторождениях. На некоторых графиках не приведена шкала времени. На других диапазон измерения меняется от 60 до 220 мин. Приведенные графики отличаются большим разнообразием, на отдельных графиках наблюдается несколько экстремумов, было бы интересно узнать, с чем связано такое поведение переменной.
5. В приложении В на рисунках 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8 приведены графики изменения гидравлических потерь на фильтрах скважин. В условных обозначениях не указано, что обозначено пунктирными линиями. Из приведенных графиков не понятно в чем заключается динамика изменения потерь. На этих рисунках необходимо указать уравнение прямой и значение  $R_2$ , чтобы стала понятной значимость корреляций.
6. Рисунки 1.2, 1.3. низкого качества, использованный крап в условных обозначениях трудно различить. Подписи к рисункам мелкие. Необходимо было подписи к рисункам сформировать отдельно от рисунков.
7. Рисунок 4.1 очень мелкий, невозможно рассмотреть, где располагались участки исследований.
8. Не понятно для чего список рисунков и таблиц продублирован после списка использованной литературы.

### **Заключение**

Диссертационная работа В.И.Козырева «Изучение природнотехногенной системы «водоносный пласт-скважина» с использованием прецизионных гидрогеологических наблюдений на водозаборах Тюменской области», является законченной научно-квалификационной работой. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Поставленные в диссертационном исследовании задачи выполнены, поставленная цель достигнута.

Полученные автором результаты опубликованы в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, получено авторское свидетельство СССР, два удостоверения на рационализаторские предложения. Основные положения диссертации докладывались на

научных и научно-практических региональных, российских и всесоюзных конференциях и совещаниях.

Результаты, полученные при выполнении диссертационной работы, имеют большое практическое значение. Они могут быть использованы при подсчете запасов подземных вод, на участках эксплуатируемых одиночными и малыми групповыми водозаборами, для прогноза ресурсов и изменения качества вод при длительной работе водозаборов. Полученные результаты могут быть полезны специалистам, чьи интересы связаны с проблемами разведки месторождений подземных вод и решением хозяйственных задач, направленных на разработку перспективных планов водоснабжения населения.

Несмотря на указанные замечания, диссертация соответствует требованиям, установленным в пунктах 9-14 Постановления Правительства РФ «Положения о присуждения ученых степеней от 24.09.2013 №842 (ред. от 26.09.2022 г), а её автор Козырев Владимир Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6. - Гидрогеология.

Плюснин Алексей Максимович,

доктор геолого-минералогических наук, по специальности 25.00.07 – Гидрогеология, заведующий лабораторией гидрогеологии и геоэкологии, ФГБУН Геологический институт им. Н.Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук.

670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, ба,

тел. 8(983)631-06-69

e-mail: plusnin@ginst.ru

<http://geo.stbur.ru/>

Я, Плюснин Алексей Максимович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«03» мая 2023



*Plusnin*

Подпись Плюснина Алексея Максимовича заверяю \*

*Д. специалист по кадрам*

*Замшева С.А.*

*03 мая 2023*