

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
Институт водных проблем, гидроэнергетики и геоэкологии

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН  
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии

Таджикский национальный университет

**Межгосударственный диссертационный совет Д 25.17.544**

На правах рукописи  
УДК 556.3:628.1(043.3)

**КУДЕЛИНА Инна Витальевна**

**ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ГОРОДСКОЙ  
АГЛОМЕРАЦИИ И ПРОБЛЕМЫ ЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Специальность 25.00.07 - Гидрогеология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Бишкек – Душанбе

2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Оренбургский государственный университет» Российская Федерация

**Научный руководитель:**

профессор Оренбургского государственного университета, доктор геолого-минералогических наук, профессор, **Гаев Аркадий Яковлевич**

**Официальные оппоненты:**

доктор геолого-минералогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ЦАИИЗ **Усупаев Шейшеналы Эшманбетович** (25.00.07; 25.00.08);

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Кыргызского научно-исследовательского института ирригации, **Немальцева Екатерина Ивановна** (25.00.07).

**Ведущая организация:**

АО «Камский научно-исследовательский институт комплексных исследований глубоких и сверхглубоких скважин»  
РФ г. Пермь, 614016, ул. Краснофлотская, д.15

Защита диссертации состоится **«14» декабря 2018 г. в 10 ч. 00 мин.** на заседании Межгосударственного совета Д 25.17.544 при Институте водных проблем и гидроэнергетики НАН Кыргызской Республики, Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН Республики Таджикистан и Таджикском национальном университете, в режиме он-лайн, по адресам: г. Бишкек, ул. Фрунзе, 533; г. Душанбе, ул. Айни, 14 А.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке Института водных проблем и гидроэнергетики Национальной Академии наук Кыргызской Республики: 720033, г. Бишкек, ул. Фрунзе, 533, комн. 3, тел. +996 312 323728, E-mail: tv\_tuzova@mail.ru; г. Душанбе, ул. Айни, 14А, E-mail: owp@tojikiston.com; телефон: +992(372)2222320 и на сайтах <http://www.vak.kg>; <http://iwp.kg/index.php/dissertatsionnyj-sovet>.

Автореферат разослан «14» ноября 2018 года.

Ученый секретарь Межгосударственного диссертационного совета Д 25.17.544,  
кандидат физико-математических наук



Т.В. Тузова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** В связи с дефицитом запасов пресных подземных вод питьевого качества и стремлением решать вопросы водоснабжения населения за счет подземных источников большое внимание уделяется проблеме защиты водных ресурсов питьевого качества на территории Оренбургской городской агломерации. За прошедшие 50 лет с открытия и последующей разработки уникального по запасам и составу сырья Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения произошли существенные изменения химического состава вод аллювиального водоносного горизонта, который служит основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения. Создание Оренбургского нефтегазового комплекса ускорило социально-экономическое развитие территории, но одновременно увеличило техногенное воздействие предприятий на подземные воды и водоемы. Наметилась тенденция техногенной трансформации химического состава вод, их загрязнения и истощения. Воды сульфатно-натриевые и содового типа все чаще приобретают хлоридно-магниевый подтип. Это было установлено В.С. Самариной, А.Я. Гаевым, К.Е. Питьевой, О.М. и С.К. Севостьяновыми и др. в 60-х гг. 20 века. Автором подтверждено усиление этих тенденций в настоящее время. Возникли проблемы поиска и локализации источников загрязнения подземных вод. Для исследуемой территории городской агломерации в границах от пос. Нежинка на востоке до пос. Краснохолм на западе большое значение приобретают гидрогеологические научно-методические разработки с выявлением закономерностей формирования состава подземных вод под влиянием вмещающих пород и источников загрязнения. Сложилась сложная гидрогеологическая обстановка в связи с ростом неравномерности речного стока и его влияния на режим подземных вод. Поэтому исследование вопросов формирования подземных вод в связи с режимом речного стока на территории Оренбургской городской агломерации с применением методов моделирования представляется весьма актуальным.

**Цель исследований** - разработать научно-методические основы решения вопросов хозяйственно-питьевого водоснабжения за счет подземных вод вододефицитной урбанизированной территории на примере Оренбургской городской агломерации. Для достижения этой цели решались следующие задачи: 1) выполнить анализ сложившейся ситуации на основе разработанной методики гидрогеологических исследований процессов загрязнения и истощения подземных вод питьевого качества; 2) изучить характер взаимосвязи вод аллювиального водоносного горизонта с речными водами, и исследовать процессы деградации их качества; 3) разработать рекомендации по совершенствованию защиты водозаборов хозяйственно-питьевого назначения от истощения и загрязнения.

**Объектами исследований** являются: зона активного водообмена территории Оренбургской городской агломерации и характер взаимосвязи

подземных и поверхностных вод в связи с особенностями режима речного стока.

**Предмет исследований** – природные и техногенные процессы, протекающие в подземной и поверхностной гидросфере исследуемой территории.

**Исходные материалы и методика исследования.** Гидрогеологическая оценка территории и анализ характера техногенной трансформации подземных вод выполнены на основе материалов, собранных в полевых условиях и в государственных и ведомственных фондах: в Комитете по природным ресурсам, в лабораториях Оренбургского госуниверситета, в отделе Геоэкологии ОНЦ УрО РАН, в Оренбургском областном комитете статистики. Основной фактический материал собран в период работы на кафедре геологии (2005-2018 гг.). В работе использованы результаты химического анализа проб подземных и поверхностных вод, почв, снега, грунтов и илов. Используются данные химических анализов природных вод, выполненные под руководством С.К. Севастьяновой (1966), А.Я. Гаева (1972-2010), Л.В. Шевцовой (1987-1991). По методике В.С. Самариной (1977, 1999) обработаны результаты анализов воды, выполнена оценка процессов формирования природных вод и картографирование территории. По А.Я. Гаеву (1989-2016) и др. выполнено моделирование результатов наземных и дистанционных исследований. Для обработки материалов применялись геометрические методы и средства из пакетов программ Excel, Microsoft Photo Editor и PowerPoint.

**На защиту выносятся следующие основные положения.**

1. Разработан методический подход к гидрогеологическим исследованиям территории на основе результатов режимных наблюдений, позволивший установить резкие изменения в количестве и качестве водных ресурсов действующих водозаборов в связи с истощением и ухудшением качества вод из-за неравномерности проявления сезонных и многолетних изменений элементов водного баланса и обосновывающий необходимость применения новых технологий.

2. Установлена трансформация вод эксплуатируемого аллювиального водоносного горизонта сульфатно-натриевого типа в содовый тип, или в хлоридно-магниевый подтип вод с повышенной минерализацией и жесткостью. Учитывая, что в периоды паводков аллювиальный водоносный горизонт частично промывается с улучшением качества, можно минимизировать трансформацию состава подземных вод за счет восполнения их запасов.

3. Дефицит водных ресурсов в маловодных районах бассейна р. Урал можно преодолеть путем осуществления комплексных мероприятий с частичной аккумуляцией паводковых вод каскадом небольших водонакопителей для восполнения запасов подземных вод, роста производительности и улучшения качества вод водозаборных скважин.

**Научная новизна:** 1. Разработана научная основа водообеспечения Оренбургской городской агломерации на основе увеличения продуктивности водозаборов и улучшения качества подземных вод при восполнении их запасов.

2. Установлены особенности гидрохимической трансформации вод аллювиального водоносного горизонта сульфатно-натриевого типа в хлоридно-магниевого.

3. На основе моделирования динамики подземных вод с построением гидрогеологических карт и разрезов, а также разработки барьерных технологий обосновывается возможность увеличения продуктивности действующих водозаборов и улучшения качества подземных вод.

**Практическая ценность работы.** Диссертация выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры геологии Оренбургского государственного университета на период 2005-2010 и 2010-2020 гг. по разделу «Гидрогеология». Разработанный и реализованный автором методический подход к гидрогеологическим исследованиям вододефицитной урбанизированной территории Оренбургской городской агломерации обеспечивает решение проблемы водоснабжения населения на основе внедрения современных технологий восполнения запасов подземных вод и защиты их от истощения при помощи геохимических барьеров. Результаты исследований использованы на объектах Оренбургской области при оценке техногенного воздействия инженерных сооружений и коммуникаций на поверхностную и подземную гидросферу, а так же при подготовке специалистов по поискам и разведке подземных вод и инженерно-геологическим изысканиям, геологии нефти и газа и др.

**Личный вклад соискателя.** При разработке темы диссертации автором собраны и использованы полевые, литературные и фондовые материалы. Выполнена аналитическая, картографическая обработка и оценка материалов и охарактеризованы процессы формирования ресурсов подземных вод в зонах их сосредоточения. Проведена оценка химического состава подземных вод исследуемой территории и водохозяйственных объектов городской агломерации, оценена их уязвимость к загрязнению и трансформации с построением соответствующей схемы, а так же способность вод к самоочищению. Построены схемы источников загрязнения природных вод и водохозяйственных объектов, ареалов и потоков загрязнения от них, схемы типизации по хозяйственной ценности земель и природных ресурсов и схемы перспективного развития производительных сил. Используются качественные и количественные показатели природных вод и выполнены гидродинамические расчеты и прогноз восполнения запасов подземных вод на действующих водозаборах, обеспечив питьевое качество вод разработкой авторского варианта барьерной технологии. Обоснования защищаемых положений и выводы по диссертационной работе сделаны лично автором.

**Апробация работы и публикации.** Основные положения диссертационной работы докладывались на региональных, международных и

всероссийских конференциях и симпозиумах в гг. Перми (2013), Тольятти (2013), Оренбурге (2013-2018), Москве (2013) и Московской области (2013). По теме диссертации опубликовано 25 работ, включая 8 статей в рецензированных изданиях, рекомендованных ВАК. Кроме того, результаты исследований отражены в научно-производственных отчетах кафедры геологии ОГУ за 2013-2017 гг.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения. Она содержит 210 стр. машинописного текста, включая 15 таблиц, 32 рисунка, 30 формул и список литературы из 188 наименований.

Работа выполнена под научным руководством д.г.-м.н., профессора А.Я. Гаева, которому автор выражает искреннюю признательность за ценные советы и помощь при подготовке и написании диссертации. Автор выражает благодарность профессору МГУ К.Е. Питъевой и к.г.-м.н. Е.И. Барановской, а так же доценту С-Пб Горного ун-та Л.П. Норовой за ценные советы при обсуждении работы. Автор признательна также сотрудникам кафедры геологии Оренбургского государственного университета: профессору П.В. Панкратьеву, доцентам А.А. Донецковой, А.П. Бутолину и др. за помощь, оказанную в подготовке и оформлении работы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первое защищаемое положение раскрывается в первых трех главах работы. **«Разработан методический подход к гидрогеологическим исследованиям территории на основе результатов режимных наблюдений, позволивший установить резкие изменения в количестве и качестве водных ресурсов действующих водозаборов в связи с истощением и ухудшением качества вод из-за неравномерности проявления сезонных и многолетних изменений элементов водного баланса и обосновывающий необходимость применения новых технологий.»** [1, 2, 4, 7].

В главе 1 диссертации **«История изученности подземных вод территории Оренбургской городской агломерации»** приведен обзор гидрогеологических исследований зоны активного водообмена, выполненных А.Я. Гаевым, В.С. Самариной, К.Е. Питъевой, С.К. и О.М. Севастьяновыми, А.П. Бутолиным, В.А. Мироненко, Р.Ф. Абдрахмановым и др. Они посвящены истории изученности гидрогеологических условий и оценке влияния техногенных факторов на трансформацию состава и качество подземных вод исследуемой территории. Освоение ее началось 11,5 тысяч лет назад. Первые сведения о регионе приводятся древними греками. В бронзовый век, около 4800 лет назад здесь существовали центры металлургии (Урамбаш, Аркаим, Аландское) с населением до 1800 человек. Современная информация о водных и природных ресурсах территории появилась в начале XVIII века (В.Н. Татищев, 1736). Многочисленные академические экспедиции XVIII-XIX веков дали толчок развитию края и освоению его природных ресурсов. Первая водозаборная скважина на пермский водоносный горизонт глубиной до 180 м

пробурена в городе в 1834-1840 годах, но дала малый приток воды, и город пользовался водой из р. Урал. С XIX - XX веков, с организации Геологического комитета и Оренбургского отдела Русского географического общества изучаются верхнепермские и триасовые отложения и их подземные воды (С.Н. Никитин, А.В. Нечаев, Д.Н. Соколов и др.). С 60-х годов выполняются геолого-съёмочные работы масштаба 1:200000 (В.А. Гаряинов, Г.П. Твердохлебов и др.). 70-ые годы XX века – создание кондиционной геологической карты масштаба 1:200 000, послужившей основой для проведения ГДП-200; массовые сборы окаменелостей, включая остатки тетрапод, позволили жестко обосновать возраст большинства картируемых геологических тел, расчленить считавшиеся ранее «немыми» толщи. Впервые были выполнены геоморфологическая карта и карта новейшей тектоники масштаба 1:200 000. В 1966 году у села Городище получен первый приток газа и конденсата на Оренбургском месторождении. С этого времени начинается систематическое изучение глубинного геологического строения рассматриваемой территории с помощью полевой геофизики и различных видов бурения, в том числе опорного и параметрического. В 70-90-е годы следуют открытия четырех новых месторождений нефти и газа.

Конец XX века - геологическая съёмка масштаба 1:50 000 с геолого-экологическими исследованиями (ГС-50); выполнено картировочное и структурно-картировочное бурение; выход крупной монографии по геологическому строению и нефтегазоносности Оренбургской области, составленная коллективом авторов.

В 1997 году организовано Южно-Уральское Оренбургское отделение Международной Академии наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ). Это первый на Урале региональный научно-исследовательский центр по экологии, геоэкологии и экотехнологии, который вносит новые научные идеи рационального использования природных ресурсов и осуществляет актуальные программы и проекты природопользования. В состав ЮУО МАНЭБ входят 32 действительных члена и член корреспондентов, в том числе А.Я. Гаев и др.

Накопленный большой фактический материал по гидрогеологии исследуемой территории позволил сделать обобщения и разработать мероприятия для обеспечения перспективного развития территории. Решению гидрогеологических проблем препятствует слабая залесенность территории, дефицит влаги в почве, расчлененность рельефа и проявления эрозионных процессов

**Глава 2** посвящена природным условиям исследуемой территории. В пределах Оренбургского Приуралья выделяются три обширные орографические зоны: Общий Сырт, равнина Предуралья и северная часть Прикаспийской впадины. Исследуемая городская территория приурочена к первой орографической зоне.

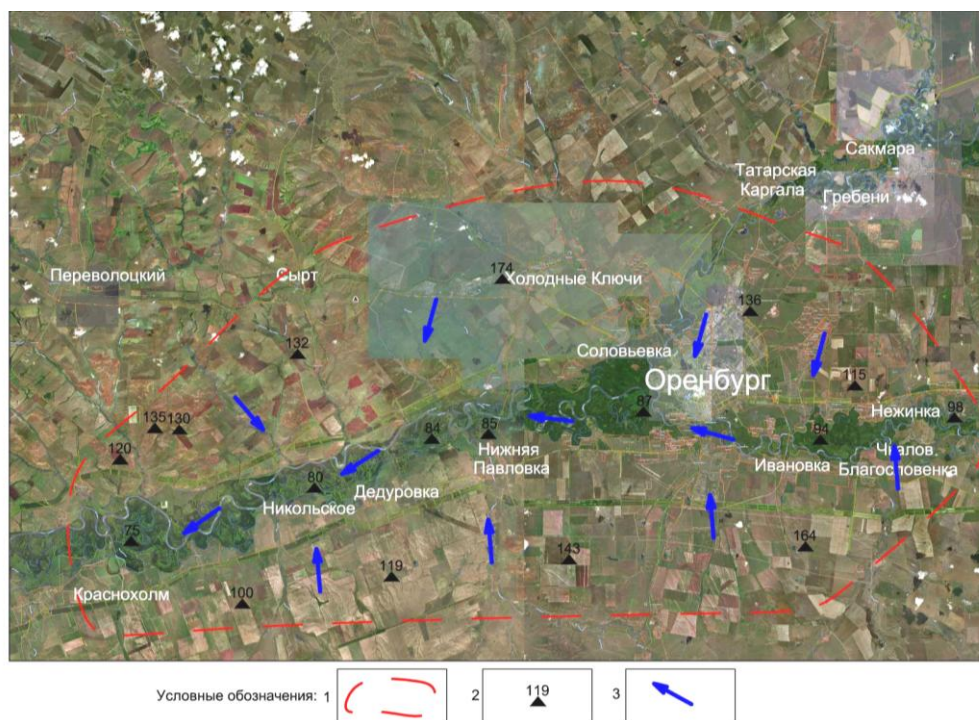


Рис. 1. Обзорная схема расположения Оренбургской городской агломерации (составлено автором по данным Google Планета Земля): **1** – граница агломерации; **2** – отметка рельефа земной поверхности, абс.м; **3** – направление движения потоков подземных вод.

Рельеф территории представлен окраинами Общего Сырта, Слудными горами и Илекским плато, характеризующимися типичными эрозионно-денудационными формами. Общий Сырт представляет собой возвышенность с абсолютными отметками от +220 до +352 м, которая занимает всю северную, правобережную по отношению к р.Урал, часть района. Поверхность здесь изрезана многочисленными долинами ручьев и оврагов, строение которых близко к симметричному. Рельеф осложнен неотектоническими процессами, обусловившими формирование овражно-эрозионно-балочной сети глубиной до 100 м и густотой  $1,2 \div 1,5$  км/км<sup>2</sup>, с амплитудой поднятия до 350 м. Техногенные формы рельефа представлены насыпями автомобильных и железных дорог, карьерами, дамбами, плотинами и запрудами.

Осадки распределены неравномерно: от 731 мм (1945 г.) до 185 мм (1939 г.) при испаряемости в 821 мм/год. Толщина снегового покрова меняется от 25 до 40 см при глубине промерзания грунта до 2 м. Характерны интенсивные ливни с единовременным выпадением осадков до 250 мм (из 400 мм в год).

Река Урал является основной водной артерией территории. Ширина долины реки достигает от 1,5 – 8,0 км. Русло имеет ширину до 100 м и глубину до 3 м со скоростью течения на перекатах до 2 м/с. Расход Урала в половодье в 1942 г. достиг 18 400 м<sup>3</sup>/с, а в летнюю межень в маловодные годы составляет  $8 \div 41$  м<sup>3</sup>/с при среднем расходе воды Урала и Сакмары в 7,7 км<sup>3</sup>/год и среднем



подъеме уровня в половодье - 515 см. Максимальный уровень был в 1942 г. и достиг 987 см.

Река Сакмара – самый крупный правобережный приток р.Урала. Ширина русла от 60 до 200 м. Глубина реки в межень в нижнем течении 1,0 – 5,0 м. Реки Урал и Сакмара по характеру питания относятся к рекам Восточно-Европейского типа, особенностью которых является высокое половодье и сравнительно устойчивая и низкая межень в остальное время года.

Район исследований находится на юго-востоке Русской плиты, в зоне сочленения юго-восточного склона Волго-Уральской антеклизы, Предуральского краевого прогиба и Прикаспийской впадины. В геологическом разрезе выделяются два структурных этажа: фундамент и осадочный чехол. Фундамент имеет блоковое строение. В осадочном чехле располагается мощная толща каменной соли иренского возраста. Соляная тектоника обусловила сложнейшую структуру надсолевых отложений, в составе которых выделяется верхняя гидродинамическая зона, представляющая интерес при решении проблем водоснабжения. В геологическом строении этой зоны принимают участие отложения пермской, триасовой, юрской, меловой, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем. Верхняя пермь, нижний и частично средний триас залегают в межкупольных блоках. Литолого-фациальный состав отложений непостоянный. Отложения более молодого возраста, включая миоцен, локализуются в синклиналях оседания над соляными куполами и отличаются постоянством состава.

По условиям накопления, транзита и разгрузки, с учетом возрастной принадлежности, на исследуемой территории выделяется около 30 стратиграфических гидрогеологических подразделений - водоносных горизонтов, комплексов и спорадически обводненных толщ; наиболее важное народно-хозяйственное значение имеют первые от поверхности выдержанные по площади водоносные объекты. На исследуемой территории самый распространенный и широко эксплуатируемый водоносный аллювиальный четвертичный горизонт.

Аллювиальные и речные воды исследуемой территории до урбанизации территории были близки по составу (В.С. Самарина и др. 1999). В ненарушенных условиях они относились к сульфатно-натриевому подтипу с жесткостью 5,8-6,2 мг-экв/л, коэффициентами  $Na/Cl - 1,1-1,35$ ,  $SO_4/Cl - 0,7-0,9$  и формулой Курлова:

$$M_{0,64-0,7} \frac{HCO^3_{40-44} Cl_{29-30} SO^4_{25-28}}{Na_{36-41} Ca_{33-42} Mg_{16-22}}; \quad (1)$$

В поймах рек грунтовые воды залегают на глубине 0,5÷5 м, на террасах – 5÷15 м, а на водоразделах – до 40 м. Воды в аллювии, татарских и триасовых красноцветах пресные и используются для водоснабжения населения.

Воды содового типа встречаются в пределах надпойменных террас на небольших участках. Они являются продуктом углекислотного выветривания

щелочных полевых шпатов и на левобережье Урала, между поселками Дедуровка и Н. Павловка имеют в настоящее время следующий состав:

$$M_{1,3-1,5} \frac{Cl_{47-50} HCO^3_{25-31} SO^4_{21-25}}{Na_{89-91} Mg_{7-8} Ca_2}; \quad (2)$$

Жесткость их не превышает 2,0 мг-экв/л, содержание соды составляет 20-36 экв.%, коэффициенты варьируют в пределах Na/Cl 1,7-1,9, SO<sub>4</sub>/Cl – 0,42-0,53. Под влиянием галогенной толщи коэффициент SO<sub>4</sub>/Cl приобретает значения < 1. Качество аллювиальных вод сульфатно-натриевого подтипа ухудшают источники загрязнения и воды соляных куполов, превращая их в хлоридно-магниевые. В скважине у Нижней Павловки в зимнюю межень зафиксирована смена сульфатно-натриевого типа вод на хлоридно-магниевый, что сопровождается ростом минерализации на 0,2-0,6 г/л за счет хлор-иона и кальция:

$$M_{3,6} \frac{Cl_{80} SO^4_{13} HCO^3_7}{Na_{67} Ca_{19} Mg_{14}}; \quad \dots\dots\dots(3)$$

Анализ природных условий территории свидетельствует о том, что Оренбургская городская агломерация, расположенная в засушливой степной зоне, под влиянием процессов аридизации климата и техногенеза испытывает все возрастающий дефицит и ухудшение качества водных ресурсов. Чтобы стабилизировать ситуацию необходимо внедрять новые технологии.

**В главе 3 «Методы гидрогеологических исследований»** изложены понятия и методические подходы, применяемые при производстве гидрогеологических работ, гидрогеологические аспекты зонирования территории, картографирование подземных вод, принципы и методы восполнения их запасов и оценки состояния. При освоении Оренбургского нефтегазового комплекса в 70-х гг. XX в. Оренбургским политехническим институтом по заказу ОАО Оренбурггазпром на территории проводились гидрогеологические исследования, с опробованием более 100 водоисточников. Был установлен резкий рост минерализации вод в меженные периоды, особенно в засушливые годы с ростом концентраций хлоридов и сульфатов. В 27% случаев в засуху минерализация вод достигала 1,2-2,0, иногда превышая 3-5 г/л. По результатам работ были составлены гидрогеологические карты территории с указанием качества воды (рис.2). Наши исследования подтвердили, что в засушливое время года резко снижается уровень воды в скважинах, и до 70-80 % проб даже из аллювиального горизонта являются некондиционными (рис. 2). Наряду с повышенной минерализацией и содержанием хлоридов и сульфатов, воды содержат повышенные концентрации нитратов и нитритов и, в большинстве случаев, – разлагающиеся белковые вещества и кишечную палочку. Данная ситуация требует внедрения нового методического подхода к повышению качества воды.

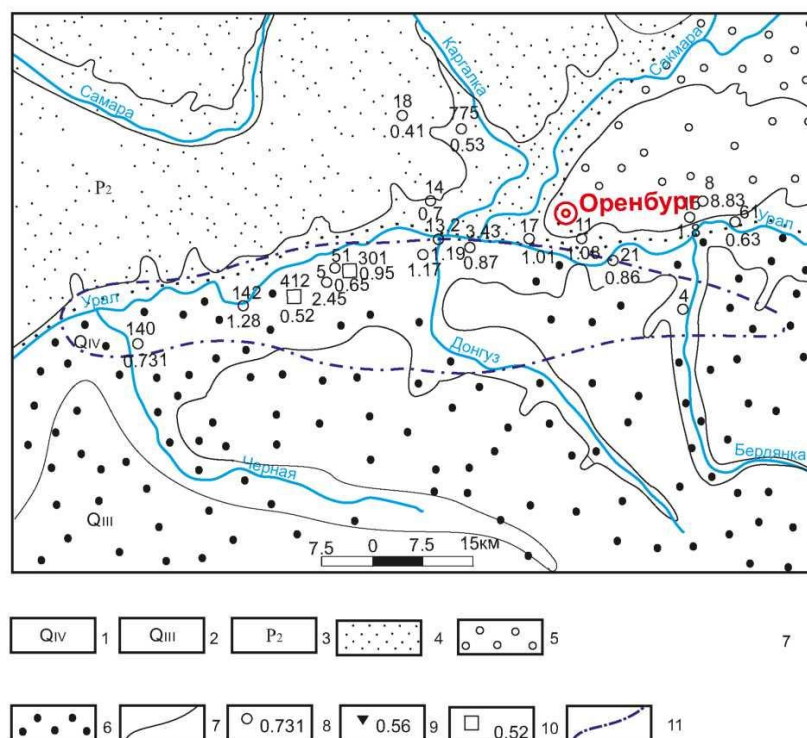


Рис. 2. Схематическая гидрогеологическая карта Оренбургской городской агломерации: 1 – современный и верхнечетвертичный аллювий; 2 – четвертичный элювиальный; 3 – верхнепермский комплекс; 4 – районы с преобладанием сульфатно-гидрокарбонатных и гидрокарбонатно-сульфатных кальциевых вод; 5 – районы с преобладанием хлоридно-гидрокарбонатных и гидрокарбонатно-хлоридных натриевых нередко некондиционных вод; 6 – районы с пестрым химическим составом зачастую некондиционных вод; 7 – границы между водовмещающими породами различного генезиса и литологического состава; 8 - скважины; 9 - источники; 10 - колодцы; 11- контур газоконденсатного месторождения; цифры вверху знака водопункта - номер по каталогу; внизу - минерализация в г/л.

При режимных наблюдениях выяснялись: техногенная нагрузка, защищенность природных вод от загрязнения, способность среды к самоочищению и возможность восполнения запасов подземных вод за счет поверхностных, что установлено и другими авторами (В.Д. Бабушкин и др. 2003).

Для оценки и прогноза состояния вод нами использована схема типизации территории по защищенности от загрязнения (рис. 3). Предложенный методический подход к типизации территории позволяет зонировать ее по величине экологической емкости, охарактеризованной И.Н. Алферовым (2005). Для зонирования качества вод использованы балльные и количественные признаки. Наряду с известной балльной системой использованы методы оценки экологической емкости при помощи модуля предельно допустимого загрязнения, варьирующего в пределах от 70 до 5 т/км<sup>2</sup> в год и менее.

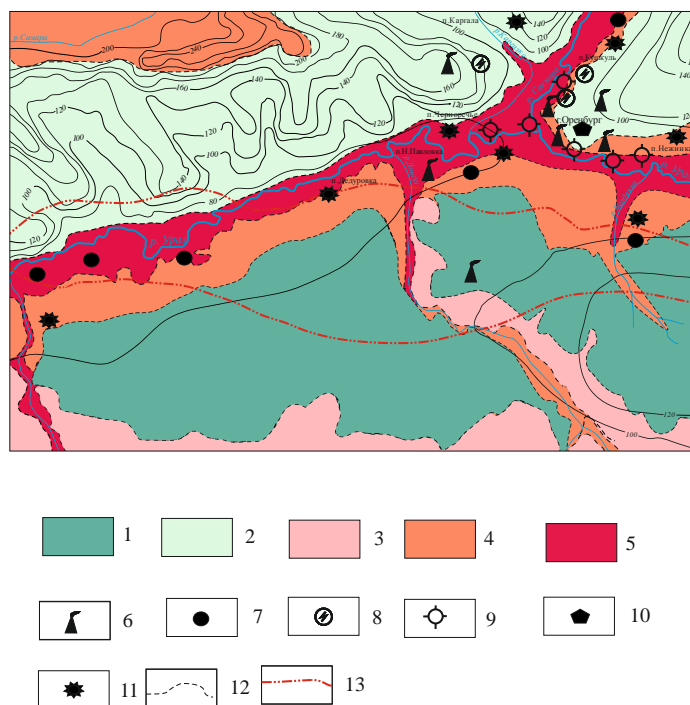


Рис. 3. Схема типизации территории Оренбургской городской агломерации по защищенности от загрязнения (А.Я. Гаев, 1989 с уточнениями автора). Типы районов оценены по  $M_{\text{ПДВ}}$ , т/км<sup>2</sup> в год: 1 – весьма хорошо защищенные (70), 2 – защищенные (50-70), 3 – слабо защищенные (20-40), 4 – не защищенные (5-20), 5 – весьма не защищенные, то есть исключительно уязвимые (<5), источники загрязнения: 6 – промышленные, 7 – геотехнологические, 8 – энергетические, 9 – водохозяйственные, 10 – селитебные, 11 – сельскохозяйственные. Границы, 12 – районов по защищенности, 13 – месторождения.

По Н.И. Плотникову и др., (1978), восполнение запасов – это комплекс мероприятий, обеспечивающий в режиме качество и количество подземных вод эксплуатируемых водоносных горизонтов. По гидрогеологическим условиям выделяют три направления восполнения запасов вод: 1) непосредственно на участке водозабора; 2) на новых площадях, где планируется строительство водозаборов и 3) в зоне влияния водоемов, водохранилищ и ирригационно-обводнительных систем, вокруг которых не целенаправленно формируются запасы подземных вод. Эта технология применена на действующих водозаборах, за счет частичной аккумуляции паводковых речных вод с использованием наземных и дистанционных методов исследования, а так же результатов режимных наблюдений за качеством подземных и поверхностных вод.

Построены общие и частные гидрогеологические карты и схемы, характеризующие ситуацию и позволяющие прогнозировать ее развитие на перспективу. Результаты моделирования аллювиального водоносного горизонта и гидродинамические расчеты показывают, что основные ресурсы

пресных вод сосредоточены в поймах рек, а ухудшение качества их происходит за счет стока со стороны водосборов от крупных техногенных объектов в долины рек. Чтобы предотвратить развитие негативных процессов необходимо внедрять новые технологии

Таким образом, первое защищаемое положение обосновано.

**Второе защищаемое положение. «Установлена трансформация вод эксплуатируемого аллювиального водоносного горизонта сульфатно-натриевого типа в содовый тип, или в хлоридно-магниевый подтип вод с повышенной минерализацией и жесткостью. Учитывая, что в периоды паводков аллювиальный водоносный горизонт частично промывается с улучшением качества, можно минимизировать трансформацию состава подземных вод за счет восполнения их запасов».** Положение обосновано в главе 4. «**Особенности формирования подземных вод и их трансформация**» [3, 5, 6, 8-13]. Глава посвящена основным факторам формирования подземных вод, результатам изучения источников техногенеза, и их влияния на истощение подземных вод питьевого качества. Пресные воды с модулем стока 2,5 л/с с 1 км<sup>2</sup> и температурой 4÷6°С распространены до глубины 200 м и сменяются солеными водами и рассолами. В долинах рек они залегают на глубине 2÷12 м, а на водоразделах – 20÷50 м. Аллювиальные воды взаимосвязаны с речными. Долины рек имеют от 2-х до 5-ти надпойменных террас. Дебиты скважин достигают 100 л/с, а групповых водозаборов – 2÷3 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Долины рек окаймляются пермскими, неогеновыми и четвертичными отложениями и подстилаются солями и гипсами кунгура, образующими солянокупольные дислокации. В зимнюю межень сток вод и дебит водозаборных скважин снижаются. Качество вод ухудшается за счет загрязнения и истощения, а так же из-за подтягивания к водозабору минерализованных вод из переуглубленных участков речных долин, где вскрыты вершины соляных куполов.

Урал – типичная степная река с ярко выраженной неравномерностью стока, что отражается на его уровне (табл. 1), резко снижающегося в межень (Информ. Бюлл. Правит. Оренб. обл., 2008-2015).

Таблица 1 - Высота весеннего паводка на Урале в районе агломерации

| №<br>пунк<br>тов | Река-пункт                       | Площадь<br>водосбора<br>км <sup>2</sup> | Высота половодья, см                        |              |                           |   |
|------------------|----------------------------------|---|---|--------------|---------------------------|---|
|                  |                                  |   | По сравнению с предвесенним<br>уровнем воды |              |                           | По<br>сравнению<br>с минималь-<br>ным летним<br>уровнем<br>воды |
|                  |                                  |   | Максималь-<br>ная (год)                     | Сред-<br>няя | Минималь-<br>ная<br>(год) |   |
| 1                | Урал, с. Донское,<br>выше города | 73900                                   | 842 (1957)                                  | 460          | 66 (1937)                 | 455   |
| 2                | Урал, г. Оренбург                | 82300                                   | 858 (1942)                                  | 450          | 66 (1937)                 | 426   |
| 3                | Урал, с. Илек<br>ниже города     | 119000                                  | 769 (1946)                                  | 510          | 238 (1955)                | 547   |

Установлено, что уровень подземных вод на участках инфильтрационных аллювиальных водозаборов характеризуется прямой связью с уровнем речных вод. Для тех и других вод в годовом разрезе выделены осенне-зимний минимум и весенний максимум (рис 4). Последний имеет место в апреле, но в многоводные годы он смещается на май-июнь. Меженный период продолжается до 5 месяцев с июня-июля по октябрь-ноябрь. Затем происходит небольшой зимний подъем уровня, сменяемый большим весенним подъемом.

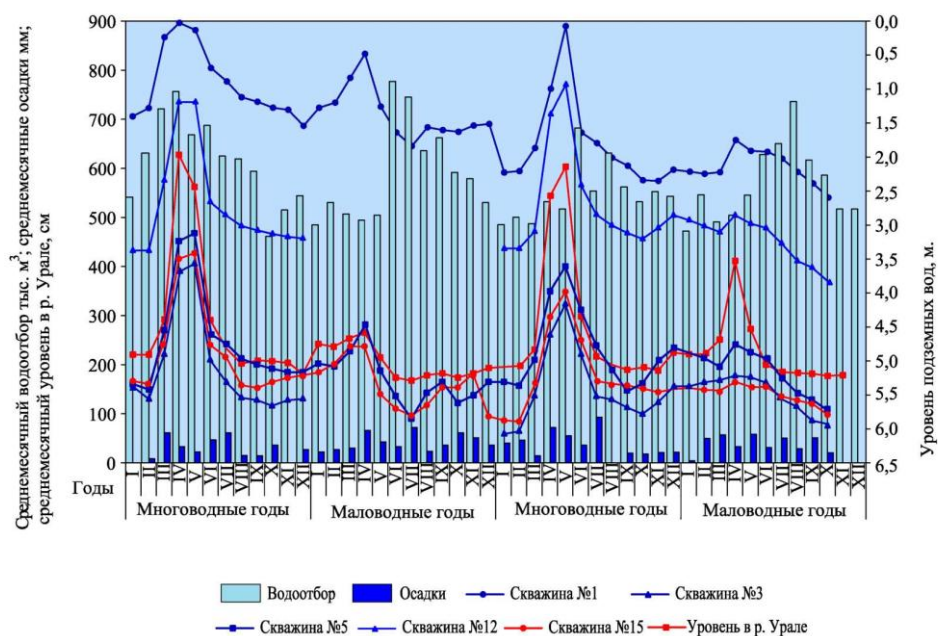


Рис. 4. Элементы режима подземных и речных вод за 2005-2008 гг.  
(По данным Вотмиро, 2008, 2014 и гидрометслужбы)

Абсолютный минимум уровня в водозаборах характерен для летне-осенней межени. Амплитуда колебания уровня вод постепенно снижается в сторону от реки, но остается весьма значительной. Аллювий обладает высокими фильтрационными свойствами. При подъеме уровня воды в реке кольматация русловой фации снижается (Н.И. Бакторова, О.Ф. Колтунова, 2009). В многолетнем плане амплитуда колебаний уровня воды в Урале может превышать 8 м (см. таблицу 1) (Ж.Т. Сивохип, 2014). Существенно изменяется и химический состав вод. В 70-ые и 90-е гг. XX в. получены анализы речных вод у пос. Татищево, Городище и Нижняя Павловка (В.С. Самарина и др., 1999). Это подтверждено и нашими исследованиями (табл. 2). Судя по табл. 2, качество воды сохраняется хорошее, но выше по течению от городской агломерации минерализация, жесткость воды и содержание анионов в створах у поселка Неженка и Ивановка несколько выше. Здесь из-за влияния соляных куполов речная вода приобретает хлоридно-магниевый подтип, ухудшая качество ниже очистных сооружений города вплоть до устья р. Сакмары, где вода вновь приобретает сульфатно-натриевый тип, снижая минерализацию.



Таблица 2 – Химический состав воды р. Урал в пределах агломерации

| Содержание ионов        | Поселок                         |          |          |                                 |           |
|-------------------------|---------------------------------|----------|----------|---------------------------------|-----------|
|                         | Ниже по течению от г. Оренбурга |          |          | Выше по течению от г. Оренбурга |           |
|                         | Н. Павловка                     | Городище | Татищево | Неженка                         | Ивановк а |
| Cl, мг/л                | 62,2                            | 69,5     | 18,3     | 132,4                           | 118,1     |
| SO <sub>4</sub> , мг/л  | 83,9                            | 102,0    | 52,6     | 140,76                          | 138,2     |
| HCO <sub>3</sub> , мг/л | 219,6                           | 183,0    | 372,1    | 237,9                           | 225,7     |
| Mg, мг/л                | 24,8                            | 28,5     | 49,6     | 57,15                           | 25,6      |
| Ca+Mg, мг-экв/л         | 5,0                             | 5,0      | 6,7      | 7,8                             | 5,8       |
| Минерализация М, г/л    | 0,5                             | 0,5      | 0,6      | 0,75                            | 0,7       |

Негативное воздействие на гидросферу в пределах Оренбургской городской агломерации оказывают нефтегазовый комплекс и около 200 предприятий. Объекты комплекса расположены вдоль долины р. Урал, захватывая южную часть города. На комплексе пробурено более 1000 глубоких скважин, работают установки по подготовке нефти и газа, компрессорные станции, поля фильтрации сточных вод, нефтепродуктов и буровых растворов. Неподдающиеся очистке промышленные сточные воды закачиваются в глубокие горизонты на глубину более 2 км.

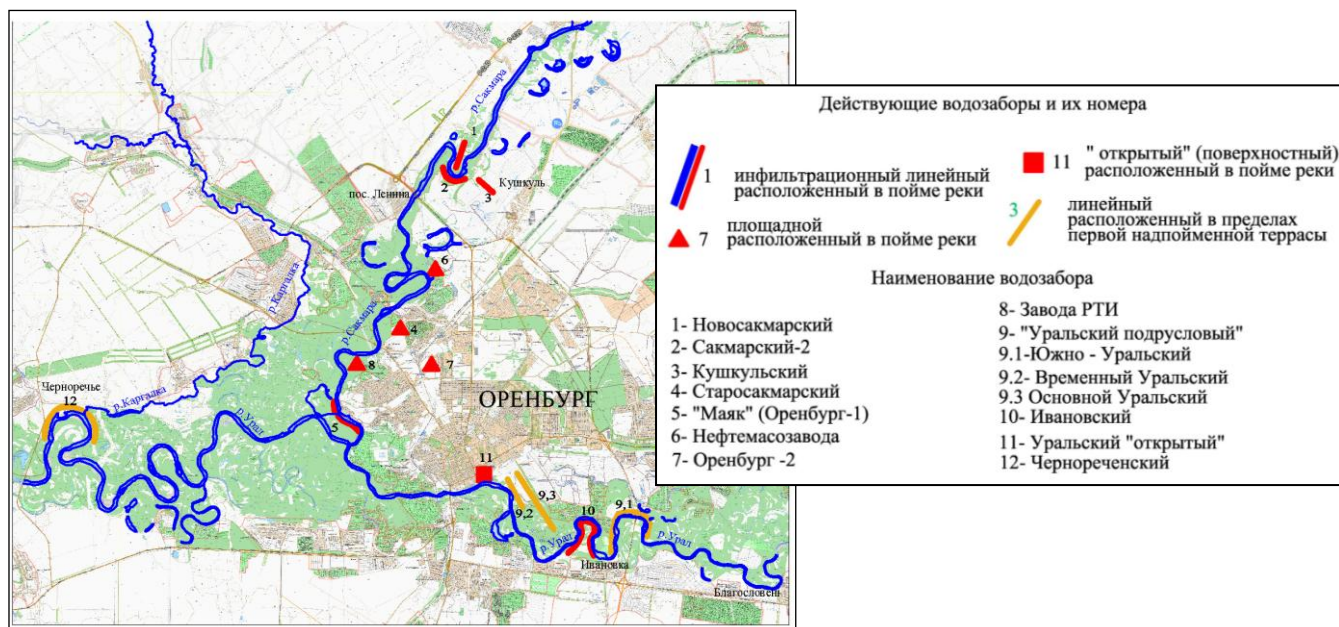


Рис. 5. Централизованные водозаборы Оренбургской городской агломерации

От истощения ресурсов подземных вод за счет потери качества страдают все водозаборы агломерации, что подтверждается данными госконтроля и АО «Компанией Вотемиро». Воды водозаборов не соответствуют СанПиН по

минерализации, жесткости, по соединениям железа, марганца, сульфатов, хлоридов и др. Интенсивность загрязнения составляет  $1 \div 10$  ПДК.

На исследуемой территории действуют 12 централизованных и 40 ведомственных водозаборов (рис. 5) и более 80 тыс. одиночных скважин и колодцев, в том числе в садах-огородах.

Предприятия нередко размещены в пределах санитарно-защитных зон водозаборов, загрязняя их воды. В городе имеется всего 28,2 тыс. га лесных насаждений, или  $3,5 \text{ м}^2$  на одного человека при норме  $8 \text{ м}^2$ . Зеленые зоны около садов-огородов превращены в свалки. Дефицит вод питьевого качества обусловлен большим количеством источников загрязнения.

В течение полувека в меженные периоды и в засушливые годы при понижении уровня подземных вод зафиксирован устойчивый рост минерализации подземных вод, концентрации в них хлоридов и сульфатов. Учитывая тесную взаимосвязь аллювиального водоносного горизонта с речными водами, возможно минимизировать трансформацию их состава за счет искусственного восполнения запасов. Для этого необходимо поднять уровень воды в скважинах путем подъема и подпора воды в реке всего на 2-3 м, что обеспечит подъем уровня воды в скважинах без затопления высокой поймы, что позволит улучшить качество воды и стабилизировать производительность водозаборов (рис. 6).

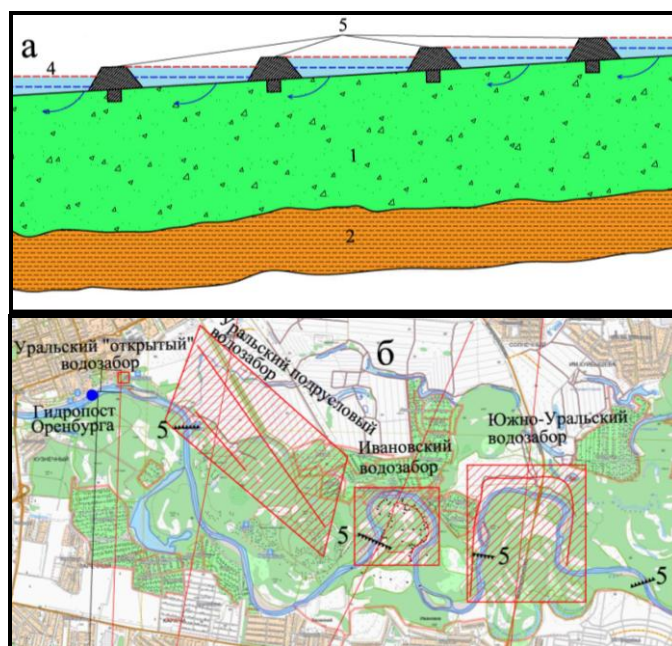


Рис. 6. Фрагмент участка долины р. Урал с водонакопителями, позволяющими частично аккумулировать паводковые воды, а – профиль; б – план: 1 – песчано-гравийно-галечниковые отложения; 2 – водоупорные породы; 3 – уровень воды в реке до и 4 – после строительства плотин; 5 – капитальные водонакопители



**Третье защищаемое положение: «Дефицит водных ресурсов в маловодных районах бассейна р. Урал можно преодолеть путем осуществления комплексных мероприятий с частичной аккумуляцией паводковых вод каскадом небольших водонакопителей для восполнения запасов подземных вод, роста производительности и улучшения качества вод водозаборных скважин»** обосновано в главе 5 «Рекомендации по совершенствованию защиты водозаборов от истощения и загрязнения» [1-6].

Оренбургская городская агломерация расположена в условиях засушливой степи и в бассейне среднего течения р. Урал. Водный баланс территории определяется полуаридным климатом с количеством осадков в 2-3 раза меньше испаряемости и хорошей гидравлической взаимосвязью аллювиальных и речных вод («Компания Вотемиро», 2009, 2014). Те и другие, по классификации Н.С. Курнакова–М.Г. Валяшко, относятся к сульфатно-натриевому типу. Основные инфильтрационные аллювиальные водозаборы расположены в поймах рек Урала и Сакмары. Аллювиальный водоносный горизонт играет основную роль при водоснабжении населения (А.Я. Гаев, И.В. Куделина, Т.В. Леонтьева, 2013). Уровенный режим в водозаборных скважинах зависит от положения уровня воды в реке.

Для обоснования решений водохозяйственных задач выполнены расчеты элементов водного баланса территории. Общий объем воды аллювиального горизонта, по Б.И. Куделину, рассчитан по формуле (И.К. Гавич и др., 1985):

$$V_g = w_0 \cdot V_1, \quad (4)$$

где  $w_0$  – полная влагоемкость,  $V_1$  – объем горизонта,  $V_g$  — естественные запасы подземных вод.

Баланс подземных вод – это соотношение количества расходуемых и поступающих к водозабору подземных вод (Н.И. Плотников и др., 1978). Приток вод, восполняющий запасы этого горизонта, относим к приходной статье баланса, питающей водоносный горизонт. Отток или забор подземных вод из этого горизонта относим к расходной статье баланса. Поступает вода в горизонт, питающий водозабор за счет инфильтрации талых, дождевых и производственных вод, утечек из коммуникаций и конденсации влаги и подтока вод с соседних участков и из других водоносных горизонтов. Расход воды из питающего водозабор горизонта происходит так же за счет испарения и транспирации воды, оттока в смежные водоносные горизонты, дренажа другими водозаборами и пр. В замкнутом бассейне приходные статьи баланса (А) – это атмосферные осадки (Х), конденсация водяных паров (К) и притоки подземных вод (Р):

$$A = X + K + P \quad (5)$$

Расход воды (В) осуществляется за счет испарения (Z), поверхностного

(V), и подземного стока (f):

$$B = V + Z + f \quad . \quad (6)$$

Общий объем влаги в засуху и расход воды (B) значительно меньше, чем во влажные годы, когда картина меняется на обратную. В замкнутом бассейне общее уравнение годового водного баланса выглядит так:

$$X + K + P = V + Z + f \pm \Delta W \quad , \quad (7)$$

где  $+\Delta W$  и  $-\Delta W$  – годовое накопление или расходование влаги.

Сопоставление прихода и расхода воды для ограниченной площади, в пределах балансового участка за определенный период времени оценено при помощи уравнения водного баланса; элементы водного баланса определяются при помощи приборов. Изучены изменения глубины залегания и напоров, скорости, производительности и ресурсов, минерализации, температуры и состава подземных вод под влиянием техногенных и природных факторов: ландшафтно-климатических, гидрологических, структурно-геологических и палеогидрогеологических. Выполнены режимные гидрогеологические, метеорологические, гидрологические, геотермические наблюдения по сети скважин, что является общепринятым в отечественной и зарубежной практике.

В летнюю межень и жару потребность в воде резко возрастает, а уровень воды в реках и в аллювиальном водоносном горизонте значительно снижается (рис. 7). При чрезмерном водоотборе горизонт истощается, и к скважинам подтягиваются воды из смежных горизонтов и комплексов, включая воды содового типа из пермских отложений, а так же соленые воды из переуглублённых участков речных долин, образованные при размыве соляных куполов. Воды хлоридно-магниевого подтипа с повышенной жесткостью и минерализацией поступают от источников загрязнения. В паводки запасы вод аллювиального водоносного горизонта интенсивно восполняются, и он частично отмывается от загрязнения (рис.8).

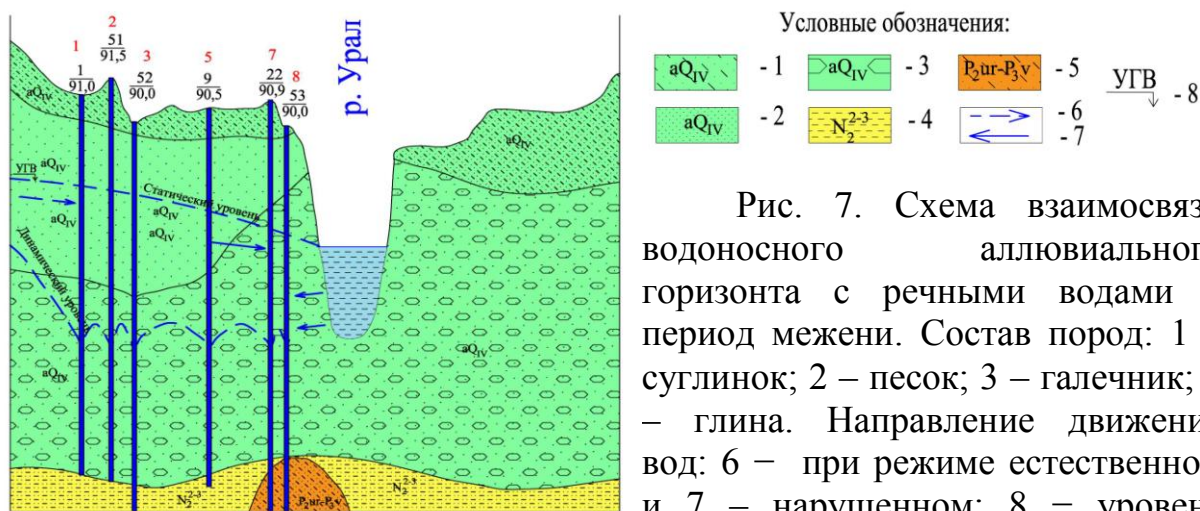


Рис. 7. Схема взаимосвязи водоносного аллювиального горизонта с речными водами в период межени. Состав пород: 1 – суглинок; 2 – песок; 3 – галечник; 4 – глина. Направление движения вод: 6 – при режиме естественном и 7 – нарушенном; 8 – уровень грунтовых вод.

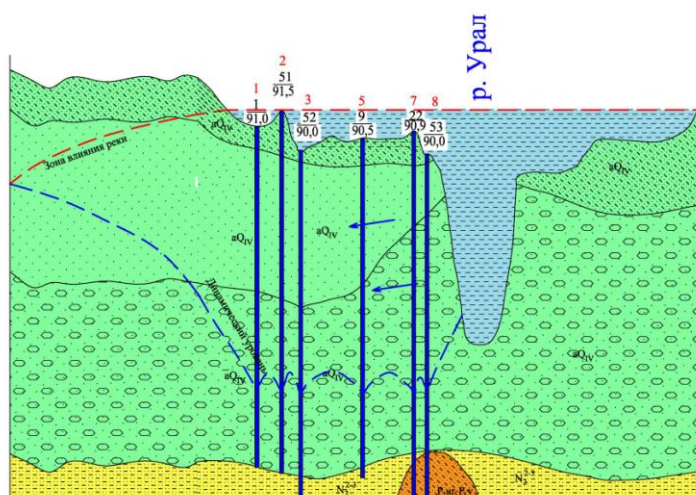


Рис. 8. Схема взаимосвязи вод аллювиального горизонта с речными водами в период паводка с формированием зоны влияния реки на подземные воды (условные обозначения на рисунке 7).

Это свидетельствует о возможности стабилизировать ситуацию за счет восполнения запасов подземных вод. Максимальный подъем уровня воды р. Урал у Оренбурга зафиксирован в 1942 г. и составил 842 см при средней ежегодной амплитуде в 460 см. Разница статического и динамического уровней водозаборных скважин еще значительнее (рис. 7 и 8). Если построить на Урале каскад небольших плотин с подъемом уровня воды в реке всего на 3 м, то высокая пойма не будет залита, но уже при таком небольшом подъеме уровня в реке можно существенно поднять уровень и стабилизировать работу скважин инфильтрационных водозаборов.

При подъеме уровня воды в реке и водозаборных скважинах за счет речной воды будет осуществляться восполнение запасов подземных вод. Создание водоемов накопителей за счет аккумуляции небольшой части паводковых вод не только стабилизирует производительность и режим работы водозаборов, но и улучшит качество их вод. Об этом свидетельствуют результаты режимных наблюдений на многих объектах (В.Г. Гацков и др., 2011)

В соответствии с законом Дарси объем воды  $Q$ , фильтрующейся через породу за единицу времени, пропорционален коэффициенту фильтрации  $K_{\phi}$ :

$$Q = K_{\phi} \cdot F \cdot \frac{\Delta h}{L} = K_{\phi} \cdot F \cdot I, \quad (8)$$

где  $Q$  – количество фильтрующейся воды (расход) в единицу времени, м<sup>3</sup>/сут;  $K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации, м/сут;  $F$  – площадь поперечного сечения потока, м<sup>2</sup>;  $\Delta h$  – разность напоров в двух рассматриваемых сечениях, м;  $L$  – длина пути фильтрации, м;  $I = \Delta h/L$  – гидравлический градиент.

При расчетах элементов водного баланса Ивановского водозабора за исходные параметры взяты данные подсчета запасов подземных вод этого водозабора (табл. 3, «Компания Вотемиро», 2009) и результаты многолетней его эксплуатации.

Таблица 3 - Исходные гидрогеологические параметры водозабора

| №<br>п/п | Наименование   | Условное обозначение<br>и единица измерения | Значение |
|----------|--|---|----------|
| 1        | 2  | 3   | 4        |
| 1        | Мощность водоносного горизонта                           | $h$ , м                                     | 6,88     |
| 2        | Коэффициент фильтрации                                   | $K_\phi$ , м/сут                            | 422,0    |
| 3        | Длина линейного ряда                                     | $\ell$ , м                                  | 2260     |
| 4        | Расстояние от ряда скважин до контура постоянного напора | $L$ , м                                     | 68       |
| 5        | Расстояние между скважинами                              | $\lambda$ , м                               | 108      |
| 6        | Радиус скважины  | $r$ , м                                     | 0,15     |
| 7        | Средневзвешенный уклон                                   | $I$   | 0,0013   |
| 8        | Допустимое понижение уровня                              | $S_{\text{доп}}$ , м                        | 2,1      |

Количество воды, фильтрующейся через поперечное сечение за единицу времени в меженный период по расчету составило:

$$Q_1 = K_\phi \cdot F_1 \cdot \frac{\Delta H}{L} = K_\phi \cdot F_1 \cdot I = 422 \cdot 17000 \cdot 0,0013 = 9326 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

где  $K_\phi = 422 \text{ м} / \text{сут}$

$$F_1 = l \cdot h_1 = 2500 \cdot 6,8 = 17000 \text{ м}^2$$

$$I = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{85,3 - 84,5}{600} = 0,0013$$

где  $h_1 = 6,8 \text{ м}$  – мощность водоносного горизонта;  $l = 2500 \text{ м}$  – ширина участка водозабора;  $H_1 = 85,3 \text{ м}$  и  $H_2 = 84,5 \text{ м}$  – отметки гидроизогипс в пределах водозабора;  $L = 600 \text{ м}$  – расстояние между гидроизогипсами.

Количество воды, фильтрующейся через поперечное сечение за единицу времени после создания водонакопителей будет равно:

$$Q_2 = K_\phi \cdot F_2 \cdot \frac{\Delta H}{L} = K_\phi \cdot F_2 \cdot I = 422 \cdot 24500 \cdot 0,0013 = 13440 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

где  $K_\phi = 422 \text{ м} / \text{сут}$

$$F_2 = l \cdot h_2 = 2500 \cdot 9,8 = 24500 \text{ м}^2$$

$$I = \frac{\Delta H}{L} = 0,0013$$

где  $h_2 = 9,8 \text{ м}$  – мощность водоносного пласта после строительства плотин.

Расчет притоков воды ( $Q$ ) к одиночным скважинам, расположенным вблизи открытого водоема, выполнен по Дюпюи – Форхгеймеру:

$$Q = 1,366 \cdot \frac{K_\phi \cdot (h^2 - h_d^2)}{\lg 2L - \lg r}, \quad (9)$$

где  $K_f$  – коэффициент фильтрации;  $h$  – мощность водоносного горизонта, м;  $h_d$  – динамический уровень воды в скважине, м;  $L$  – расстояние от скважины до водоема, м;  $r$  – радиус скважины, м.

Средняя производительность скважин данного водозабора подтверждена результатами длительной эксплуатации и составила 1200 м<sup>3</sup>/сут. После строительства планируемого водонакопителя уровень подземных вод поднимется; мощность пласта увеличится в 1,5 раза и, как свидетельствуют результаты моделирования, производительность скважины растет в 1,7 раза, составляя 2057 м<sup>3</sup>/сут (рис. 9).

То есть, забор воды на действующих инфильтрационных водозаборах после строительства капитальных водонакопителей возможно увеличить в 1,5-2 раза, и при этом исключить их истощение и необходимость строительства новых водозаборов.

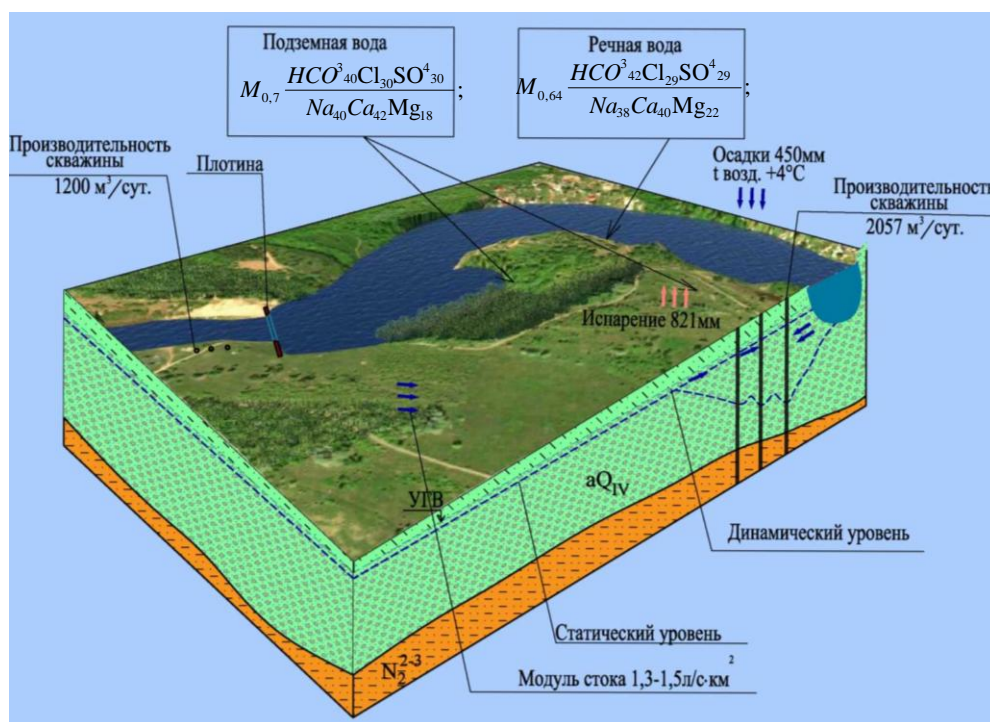


Рис.9. Схематическая модель участка Ивановского водозабора

С участием автора разработана модель «Устройство барьерного типа при искусственном восполнении запасов подземных вод». Задачей устройства является улучшение качества подземных вод в водозаборных скважинах и повышение их дебита. Указанный результат достигается в результате создания искусственных водоемов с подъемом уровня воды в реке на 2-3 м в районе действующих инфильтрационных водозаборов (рис.10).



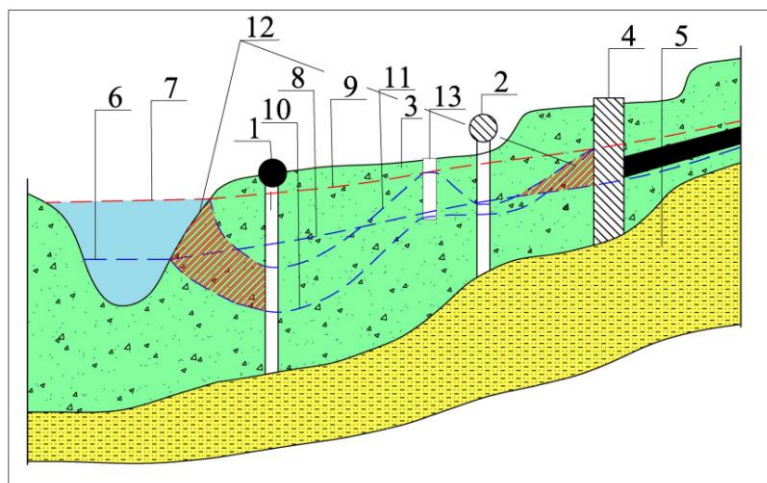


Рис.10. Схема устройства комплексного барьера при искусственном восполнении запасов: 1 – водозаборные скважины чистых вод; 2 – труба для дренажа загрязненных вод; 3 – водоносный горизонт; 4 – стенка из адсорбционного материала; 5 – водоупорные породы; 6 – уровень воды в водоеме до искусственного восполнения запасов; 7 – уровень воды в водоеме при искусственном восполнении запасов; 8 – статический уровень подземных вод до восполнения запасов; 9 – статический уровень после восполнения запасов; 10 – динамический уровень подземных вод до восполнения запасов; 11 – динамический уровень после восполнения запасов; 12 – геохимический барьер из аллювиальных отложений, оказавшихся в зоне подтопления; 13 – гидродинамический барьер

Это приведет к увеличению водопритоков к скважинам, за счет чего возрастет их продуктивность, улучшится качество воды и существенно снизится интенсивность процессов заиления в связи с предотвращением резких сезонных колебаний уровня грунтовых вод. Качество вод улучшится не только за счет разбавления загрязняющих веществ, но и усиления самоочищающей способности блока пород коллектора, который начинает играть роль геохимического барьера. При одновременной откачке чистых и загрязненных вод между водозаборной скважиной чистых вод и дренажной скважиной создается гидродинамический барьер. Совместное действие геохимического и гидродинамического барьера формирует комплексный барьер.

Таким образом, впервые рассмотрен и решен вопрос о локализации загрязнения вод аллювиальных водозаборов в процессе восполнения их запасов, и третье защищаемое положение обосновано.

## **ВЫВОДЫ**

1. Разработан методический подход к гидрогеологическим исследованиям территории на основе результатов режимных наблюдений, позволивший установить закономерности изменения динамики и химического состава вод действующих водозаборов в связи с истощением их ресурсов из-за неравномерности проявления сезонных и многолетних изменений элементов водного баланса и обосновывающий необходимость применения новых технологий.

2. Воды аллювиального горизонта имеют главное водохозяйственное значение; в ненарушенном режиме они, как и речные воды, относятся к сульфатно-натриевому типу. При нарушенном режиме и подтоке вод из пермских отложений они приобретают содовый тип, а при загрязнении и осолонении – повышенную минерализацию, жесткость и хлоридно-магниевый подтип. В паводки водоносный горизонт частично промывается от загрязняющих веществ, и при восполнении запасов вод можно минимизировать трансформацию их состава.

3. Дефицит водных ресурсов в Оренбургской городской агломерации преодолим в процессе мероприятий по восполнению запасов вод, увеличению производительности водозаборных скважин и улучшения качества вод за счет внедрения авторского варианта барьерных технологий. Главным итогом станет возможность хозяйственно-питьевого обеспечения Оренбургской городской агломерации на перспективу.

### **Список работ, опубликованных по теме диссертации Список работ, опубликованных в рецензированных журналах**

1. О защите вод питьевого качества и здоровья человека на урбанизированных территориях (на примере Оренбурга) [Текст] / А.Я. Гаев, И.В. Куделина, Т.В. Леонтьева [и др.] // Экология урбанизированных территорий, 2013. - № 2. - С. 41-48.

2. Гаев, А. Я. Проблемы гидросферы города Оренбурга и его окрестностей [Текст] / А.Я. Гаев, И.В. Куделина, Т.В. Леонтьева // Экология урбанизированных территорий, 2013. - № 3. - С. 28-36.

3. Проблемы воды, здоровья и безопасности оренбуржцев в перспективе [Текст] / А.Я. Гаев, И.В. Куделина, Т.В. Леонтьева [и др.] // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева, 2013. - Т. 1, № 4 (14). - С. 20-24.

4. Куделина, И.В. Гидрогеоэкологические условия Оренбургской урбанизированной территории [Текст] / И.В. Куделина // Вестник Оренбургского государственного университета, 2015. - № 7. - С. 139-147.

5. Куделина, И.В. О водохозяйственных проблемах и необходимости разработки программы природопользования для Оренбургской городской

агломерации. [Текст] / И.В. Куделина // Известия вузов. Бишкек, 2018 - №1. – С.87-90.

6. Куделина, И.В. Методика гидрогеологических исследований территории Оренбургской городской агломерации. [Текст] / И.В. Куделина // Известия вузов. Бишкек, 2018 - №1. – С.82-86.

7. Куделина, И.В. О возможности стабилизировать режим работы водозаборов Оренбургской городской агломерации. [Текст] / И.В. Куделина // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. Бишкек, 2018 № 2. – С.68-72.

8. Куделина, И.В. Пути стабилизации режима аллювиальных водозаборов в условиях полупустынного климата. [Текст] / И.В. Куделина // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. Бишкек, 2018 № 2. –С.82-86.

### **Доклады, опубликованные в центральных и региональных изданиях**

9. Геометрические модели в гидрогеохимии [Электронный ресурс] / Гаев А.Я., Куделина И.В., Леонтьева Т.В., Погосян Ю.М., Савилова Е.Б. // Математическое моделирование, геоинформационные системы и базы данных в гидрогеологии : материалы Всерос. науч.-практ. конф., 25-27 сент. 2013 г., Десна / Рос. союз гидрогеологов [и др.]; отв. ред. В. Г. Румынин. - Электрон. дан. - Москва: "Изыскатель", 2013. - С. 19-20

10. Зависимость качества и количества природных вод от здоровья и безопасности экосистемы в Оренбуржье [Электронный ресурс] / Гаев А.Я., Куделина И.В., Леонтьева Т.В., Алферов И.Н., Савилова Е.Б. // Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества: материалы III заоч. Всерос. науч.- практ. конф., 23-25 нояб. 2013 г., Челябинск / Челябинское регион. отд-ние Русского геогр. о-ва; М-во по радиац. и эколог. безопасности Челябинской обл.; Челябинский гос. пед. ун-т. - Электрон. дан. - Челябинск: "Край Ра", 2013. - С. 68-72 .

11. О подземных водах южной части города Оренбурга и его окрестностей [Электронный ресурс] / Гаев А.Я., Куделина И.В., Леонтьева Т.В., Савилова Е.Б. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 30 янв-1февр. 2013 г., Оренбург / М-во образования и науки РФ, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург: ИПК "Университет", 2013. - С. 708-712 .

12. О формировании химического состава природных вод в северной части Оренбурга и его окрестностей [Электронный ресурс] / Куделина И.В., Леонтьева Т.В., Погосян Ю.М., Савилова Е.Б. // Геология и полезные ископаемые Западного Урала, 2013. - № 13. - С. 114-118.

13. Поверхностные и подземные воды города Оренбурга и его окрестностей [Электронный ресурс] / А.Я. Гаев, И.В. Куделина, Т.В. Леонтьева,



Е.Б. Савилова // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов : труды Междунар. науч.-практ. конф., 28-30 мая 2013 г., Пермь: в 3 т. / М-во образования и науки РФ [ др.]; науч. ред. А. Б. Китаев. - Электрон. дан. - Пермь: ПГНИУ,2013. - Т. 2. Химический состав и качество воды. - С. 31-38.

14. Условия формирования подземных вод Оренбургской области = Conditions of uderground forming in Orenburg region [Электронный ресурс] / А.Я. Гаев, И.В. Куделина, Т.В. Леонтьева, Ю.М. Погосян, Е.Б. Савилова // Гидрология и карстование : Межвуз. сб. науч. тр., посвящ. 65-летию учеб. курса "Карстование", впервые разработанному в Перм. ун-те проф. Г. А. Максимовичем / М-во образования и науки РФ [и др.]. - Электрон. дан. - Пермь-Оренбург,2013. - Вып. 19. - С. 88-94.

15. Характеристика подземных вод северной части г. Оренбурга и его окрестностей [Электронный ресурс] / Куделина И.В., Леонтьева Т.В., Савилова Е.Б., Гаев А.Я. // Сергеевские чтения. Устойчивое развитие: задачи геоэкологии (инженерно-геологические, гидрогеологические и геокриологические аспекты) : молодеж. конф. : материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 21-22 марта 2013 г., Москва / РАН, Науч. совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, РФФИ. - Электрон. дан. - Москва: РУДН,2013. - Вып. 15. - С. 323-326.

16. Гаев, А.Я. О методах гидрогеологических исследований урбанизированных и горнодобывающих районов Оренбуржья [Электронный ресурс] / Гаев А.Я., Куделина И.В., Леонтьева Т.В. // Развитие минерально-сырьевой базы Сибири: от Обручева В.А., Усова М.А., Урванцева Н.Н. до наших дней: материалы Всерос. форума с междунар. участием, посвящ. 150-летию акад. Обручева В. А., 130-летию акад. Усова М. А. и 120-летию проф. Урванцева Н.Н., 24-27 сентября 2013 г., Томск / Администрация Томской обл. [и др.]. - Томск: НИТПУ,2013. - С. 473-476.

17. О водохозяйственных условиях на примере Оренбуржья [Электронный ресурс] / Гаев А.Я., Алферов И.Н., Куделина И.В., Леонтьева Т.В. // Региональные проблемы водопользования в изменяющихся климатических условиях : материалы науч. докл. участников Междунар. науч.-практ. конф., 11-12 ноября 2014 г., Уфа / М-во образования и науки РФ [и др.] ; редкол.: А.М. Гареев [и др.]. - Уфа : Аэтерна,2014. - С. 212-215.

18. О формировании водного стока на осваиваемых территориях [Электронный ресурс] / Гаев А.Я., Бикитеев В.Э., Куделина И.В., Леонтьева Т.В., Кременцова Л.А. // Вестник Пермского университета. Геология,2014. - № 2. - С. 33-40.

19. Об экологическом состоянии нефтегазоносных районов Оренбуржья [Электронный ресурс] / Гаев А.Я., Куделина И.В., Ханина Е.В., Павлова Е.В., Фурман Д.В. // Региональные проблемы водопользования в изменяющихся климатических условиях : материалы науч. докл. участников Междунар. науч.-

практ. конф., 11-12 ноября 2014 г., Уфа / М-во образования и науки РФ [и др.] ; редкол.: А.М. Гареев [и др.]. - Уфа : Аэтерна, 2014. - С. 291-294.

20. Гаев, А.Я. О защите водозаборов хозяйственно-питьевого назначения на примере г. Оренбурга [Электронный ресурс] / Гаев А.Я., Куделина И.В., Маликова О.Н. // Региональные проблемы водопользования в изменяющихся климатических условиях : материалы науч. докл. участников Междунар. науч.-практ. конф., 11-12 ноября 2014 г., Уфа / М-во образования и науки РФ [и др.] ; редкол.: А.М. Гареев [и др.]. - Уфа : Аэтерна, 2014. - С. 277-280.

21. Гаев, А.Я. О необходимости модернизировать концепцию централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения [Электронный ресурс] / Гаев А.Я., Куделина И.В., Леонтьева Т.В. // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 20-22 мая 2014 г., Челябинск / ФГБОУ ВПО "Челябинский гос. пед. ун-т", Челябинское регион. отд-ние рус. географ. о-ва. - Челябинск : Край Ра, 2014. - С. 66-70.

22. О проблеме питьевых вод на урбанизированных территориях [Электронный ресурс] / Гаев А.Я., Алферов И.Н., Килин Ю.А., Куделина И.В. // Экологические проблемы промышленных городов : сб. науч. тр. по материалам 7-й Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 8-10 апр. 2015 г., Саратов. - Саратов: СГТУ им. Ю.А. Гагарина, 2015. - Ч. 2. - С. 259-263.

23. Состояние гидросферы урбанизированной территории Оренбургской области [Электронный ресурс] / Куделина И.В., Леонтьева Т.В., Фатюнина М.В., Ханина Е.В. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2015. - № 3(53). - С. 156-158.

24. Куделина, И.В. Влияние техногенной нагрузки на гидрогеоэкологические условия г. Оренбурга и сопредельной территории [Электронный ресурс] / И.В. Куделина, Т.В. Леонтьева, М.В. Фатюнина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2016. - № 2. - С. 134-137.

25. Куделина, И.В. Особенности естественного режима подземных вод в районе г. Оренбурга [Электронный ресурс] / Куделина И.В., Леонтьева Т. В., Фатюнина М.В. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 1-3 февр. 2017 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбургский гос. ун-т". - Оренбург, 2017. - С. 1226-1230.

26. Заявка на патент. Устройство барьерного типа при искусственном восполнении запасов подземных вод [Текст] / Гаев А.Я., Куделина И.В., Леонтьева Т.В. и др. / Оренбург, ФГБОУ ОГУ. - №2018129423 от 10.08.2018.

## КЫЗКАЧА МАЗМУНУ

Куделина Инна Витальевнаынын 25.00.07 – Гидрогеология адистиги боюнча геология-минералогия илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алууга “Оренбург шаарынын агломерациясынын гидрогеологиялык шарттары жана аны суу менен камсыздоонун көйгөйлөрү” темасындагы диссертациясына

**Негизги сөздөр:** жер алдындагы суулардын запастарын толуктоо, инфильтрациялык суу алгычтар, аллювиалдык суу алып жүрүүчү горизонт, геохимиялык барьер.

**Изилдөөлөрдүн объекти:** Оренбург шаарынын агломерациясынын аймагынын активдүү суу алмашуу зонасы жана дарыялардын агымынын өзгөчөлүктөрүнө байланыштуу жер алдындагы жана жер үстүндөгү суулардын өз ара байланышынын мүнөзү.

**Изилдөөлөрдүн предмети** – изилденип жаткан аймактын жер алдындагы жана жер үстүндөгү гидросферасында болгон табигый жана техногендик процесстер.

**Изилдөөлөрдүн максаты** – Оренбург шаарынын агломерациясынын мисалында суусу тартыш урбандашкан аймакты жер алдындагы суулардын эсебинен чарбалык-ичүүчү суу менен камсыздоо маселелерин чечүүнүн илимий-методикалык негиздерин иштеп чыгуу.

**Изилдөөнүн методу:** картографиялык, лабораториялык, эсептик-графикалык, эксперименталдык методдор, космостон тартылган сүрөттөрдү дешифрлөө.

**Алынган натыйжалар жана жаңычылдык.**

1. Суу алгычтардын өндүрүмдүүлүгүн көбөйтүүнүн жана жер алдындагы суулардын запастарын толтурууда алардын сапатын жакшыртуунун эсебинен Оренбург шаарынын агломерациясын суу менен жабдуунун илимий негизги иштелип чыкты.

2. Аллювиалдык суу алып жүрүүчү горизонттун сульфат-натрий тибиндеги сууларынын хлорид-магний тибине гидрохимиялык трансформацияланышынын өзгөчөлүктөрү аныкталды.

3. Гидрогеологиялык карталарды жана разрездерди түзүү, ошондой эле барьердик технологияларды иштеп чыгуу менен жер алдындагы суулардын динамикасын моделдөөнүн негизинде иштеп жаткан суу алгычтардын өндүрүмдүүлүгүн көбөйтүү жана жер алдындагы суулардын сапатын жакшыртуу мүмкүнчүлүгү негизделди.

**Пайдалануу боюнча сунуштамалар.** Изилдөөлөрдүн жыйынтыктары Оренбург облусундагы объекттерде техногендик курулмалардын жана коммуникациялардын жер үстүндөгү жана жер алдындагы гидросферага тийгизген таасирин болоого, ошондой эле жер алдындагы сууларды издөө жана чалгындоо жана инженердик-геологиялык изденүүлөр, мунай жана газ геологиясы боюнча адистерди даярдоого киргизилди.

**Колдонуу жааты:** гидрогеология, инженердик геология, суу тартыш болгон райондордо сууну керектөө жана сууну пайдалануу.

## РЕЗЮМЕ

диссертации Куделиной Инны Витальевны на тему: «Гидрогеологические условия Оренбургской городской агломерации и проблемы ее водоснабжения» на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.07 – Гидрогеология.

**Ключевые слова:** восполнение запасов подземных вод, инфильтрационные водозаборы, аллювиальный водоносный горизонт, геохимический барьер.

**Объект исследований:** зона активного водообмена территории Оренбургской городской агломерации, и характер взаимосвязи подземных и поверхностных вод в связи с особенностями режима речного стока.

**Предмет исследований** – природные и техногенные процессы, протекающие в подземной и поверхностной гидросфере исследуемой территории.

**Цель исследований** - разработать научно-методические основы решения вопросов хозяйственно-питьевого водоснабжения за счет подземных вод вододефицитной урбанизированной территории на примере Оренбургской городской агломерации.

**Методы исследования:** картографические, лабораторные, расчетно-графические, экспериментальные методы, дешифрирование космоснимков.

### **Полученные результаты и новизна.**

1. Разработана научная основа водообеспечения Оренбургской городской агломерации на основе увеличения продуктивности водозаборов и улучшения качества подземных вод при восполнении их запасов.

2. Установлены особенности гидрохимической трансформации вод аллювиального водоносного горизонта сульфатно-натриевого типа в хлоридно-магниевого.

3. На основе моделирования динамики подземных вод с построением гидрогеологических карт и разрезов, а также разработки барьерных технологий обоснована возможность увеличения продуктивности действующих водозаборов и улучшения качества подземных вод.

**Рекомендации по использованию.** Результаты исследований внедрены на объектах Оренбургской области при оценке техногенного воздействия инженерных сооружений и коммуникаций на поверхностную и подземную гидросферу, а так же при подготовке специалистов по поискам и разведке подземных вод и инженерно-геологическим изысканиям, геологии нефти и газа и др.

**Область применения:** гидрогеология, инженерная геология, водопотребление и водопользование в вододефицитных районах.

## SUMMARY

Of the dissertation prepared by Kudelina Inna Vitalievna about “Hydrogeological environment of Orenburg urban agglomeration and the problem of its water supply” for the degree of candidate of geological and mineralogical sciences in specialty 25.00.07 – Hydrogeology

**Key words:** replenishment of groundwater resources, infiltration intakes, alluvial aquifer, geochemical barrier

**The object of research:** the zone of active water exchange of the territory of the Orenburg urban agglomeration, and the nature of the interconnection of underground and surface waters regarding the features of the river flow regime.

**The subject of research** is the natural and technogenic processes occurring in the underground and surface hydrosphere of the studied area.

**The aim of the research** is to develop scientific and methodological bases for solving the issues of domestic and drinking water supply from groundwater in a water-deficit urbanized area, for example, the Orenburg urban agglomeration.

**Methods of research:** cartographic, laboratory, computational, experimental methods, interpretation of space images.

**The results obtained and the novelty.**

1. The scientific basis of water supply of the Orenburg urban agglomeration is developed based on increasing the productivity of water intakes and improving the quality of groundwater when replenishing their reserves.

2. Specific features of hydrochemical transformation of the waters of the alluvial aquifer of the sulfate-sodium type into chloride-magnesium ones have been established.

3. The possibility of increasing the productivity of existing water intakes and improving the quality of groundwater was justified based on modeling the dynamics of groundwater with the construction of hydrogeological maps and sections, as well as the development of barrier technologies

**Recommendations for use.** The results of the research are implemented at the sites of the Orenburg region during assessing of the technogenic impact of engineering structures and communications on the surface and underground hydrosphere, as well as at the training of specialists of groundwater exploration, geological engineering, of oil and gas geology etc.

**Application area:** hydrogeology, engineering geology, water consumption in water-deficit areas

Подписано в печать 26.10.2018 г. Формат 297х210 1/2  
Бумага для офисной техники, гарнитура «Таймс».  
Усл.-изд. листов 1,5. Тираж 100 экз. Заказ № 334  
ИПК ОГУ Издательско полиграфический комплекс ОГУ  
460018, г.Оренбург, пр-т победы 13,  
Оренбургский государственный университет  
Тел. (3532) 91-22-21  
Ipk\_zakaz@mail.ru