



На правах рукописи

Щербуль Зинаида Захаровна

**ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ
МНОГОЛЕТНЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
СЕВЕРО-ДАГЕСТАНСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО
БАССЕЙНА**

Специальность 25.00.36 – геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Махачкала – 2008

12 ДЕК 2008

Диссертационная работа выполнена в Институте геологии и Институте проблем геотермии Дагестанского Научного Центра РАН

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,
Курбанов Магомед Курбанович

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
Зверев Валентин Петрович
доктор геолого-минералогических наук,
Джамалов Роальд Гамидович

Ведущая организация: . . . Федеральное агентство
по недропользованию МПР РФ
Управление по недропользованию
по Республике Дагестан

Защита состоится 25 декабря 2008 г. в 12:30 часов на заседании Диссертационного совета Д.002.048.01 при Учреждении Российской академии наук Институте геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН по адресу: 109004, Москва, ул. Николаямская, д. 51.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в Учреждении Российской академии наук Институте геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН по адресу: 101000, Москва, Уланский пер., д. 13, стр. 2.

Просим Вас принять участие в заседании совета или прислать отзыв (в 2-х экземплярах), заверенный печатью учреждения, на имя ученого секретаря Диссертационного совета по адресу: 101000, Москва, Уланский пер., д. 13, стр. 2, а/я 145, e-mail: dissert@geoenv.ru, факс 623-18-86.

Автореферат диссертации разослан «14» ноября 2008 года.

Ученый секретарь
Диссертационного совета Д.002.048.01
кандидат геолого-минералогических наук



Батрак Г. И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Проблема опустынивания – одна из самых актуальных современных экологических проблем в мире. В России особенно остро процессы опустынивания проявляются на юге европейской части – это Калмыкия, Дагестан, Чечня, Астраханская, Ростовская, Волгоградская области и Ставропольский край.

В Дагестане наиболее критическая ситуация сложилась в Ногайском, Тарумовском и Кизлярском районах, где резко ухудшилось состояние пастбищ, активизируется наступление песков, засыпаются населенные пункты. Параллельно с опустыниванием идет деградация всех биологических ресурсов. Основной причиной опустынивания Черных земель и Кизлярских пастбищ специалисты считают перевыпас, увеличение допустимых нагрузок на пастбища. Однако решение столь сложной задачи требует оценки и других факторов, обуславливающих опустынивание. Среди них – многолетняя интенсивная эксплуатация Северо-Дагестанского артезианского бассейна.

Начиная с 50-х годов прошлого века, на территории Северо-Дагестанского артезианского бассейна (СДАБ) произошло многократное увеличение добычи артезианских вод. Подавляющее большинство из более чем 3000 артезианских скважин эксплуатируется на предельном гидродинамическом режиме. Истощение запасов пресных артезианских вод, ухудшение их качества, падение напоров в водоносных горизонтах, затопление, засоление и загрязнение приартезианских земель – вот те неблагоприятные факторы, отсутствие внимания к которым нанесло значительный ущерб геоэкологии артезианского бассейна.

Наряду с интенсивно растущим отбором артезианских вод, в Северном Дагестане идет разработка нефтяных, газовых и геотермальных месторождений. В итоге из недр извлекаются большие объемы флюидов. Подобная ситуация стимулирует локальные и региональные оседания поверхности земли артезианского бассейна. Учитывая особенности рельефа Северо-Дагестанской равнины, даже незначительные усадки дневной поверхности могут привести к подтоплению больших площадей земли в прибрежной полосе Каспийского моря. Кроме того, некоторые геотермальные месторождения, эксплуатация которых длится 50 и более лет, такие, например, как Махачкала-

Тернаирское, и для которых существует реальная опасность локального оседания, находятся не только у береговой линии, но и непосредственно в черте города (со всеми вытекающими из этого последствиями).

Все эти и многие другие факторы сводятся к необходимости и своевременности постановки задач о количественной оценке 1) размеров образовавшейся депрессии; 2) влияния депрессии в напорных горизонтах, расположенных наиболее близко к поверхности, на уровень грунтовых вод и процесс опустынивания северо-дагестанских районов, а также на процесс распространения загрязнения артезианских вод; 3) возможного вертикального смещения пластов в результате вековой эксплуатации месторождений подземных флюидов; 4) площадей подтопления прибрежных земель морскими водами при максимальных оседаниях.

Целью работы является изучение воздействия многолетней эксплуатации артезианских вод Северо-Дагестанского артезианского бассейна на геоэкологические условия региона, а именно, изучение механизма развития техногенеза, исследование замкнутой цепочки взаимодействий: антропогенное влияние на гидрогеологическую среду – изменение гидрогеологической среды – изменение окружающей среды – природоохранные меры, ограничивающие негативное антропогенное влияние.

Для достижения этой цели выполнялись следующие исследования:

- 1) изучение естественного, не нарушенного эксплуатацией, гидродинамического режима подземных вод плиоцен-плейстоценового водоносного комплекса;
- 2) изучение динамики изменения напоров в продуктивных водоносных комплексах плиоцен-четвертичных отложений за весь период эксплуатации артезианского бассейна;
- 3) математическое моделирование процесса эксплуатации водоносных комплексов и выявление с его помощью механизма формирования, развития и распространения депрессионной зоны;
- 4) исследование влияния образовавшейся региональной депрессии на структуру подземного стока, геоэкологические процессы локального и регионального оседания поверхности земли, а также на процессы опустынивания северных территорий Дагестана.

Научная новизна.

1) на основе использования обширной гидрогеологической и геофизической информации выявлена динамика изменения напоров в водоносных комплексах плиоцен-четвертичных отложений Северо-Дагестанского артезианского бассейна за весь период его эксплуатации;

2) с помощью методов математического моделирования процесса эксплуатации водоносных комплексов плиоцен-четвертичных отложений Северо-Дагестанского артезианского бассейна воспроизведен механизм формирования, развития и распространения депрессионной зоны, получена современная гидродинамическая картина подземного стока;

3) оценены процессы оседания дневной поверхности земли в результате вековой эксплуатации СДАБ и формирования в его недрах локальных и региональных депрессионных воронок;

4) показано, что опустынивание аридных земель Северного Дагестана может быть связано с изменившейся структурой подземного потока в плиоцен-четвертичных отложениях Северо-Дагестанского артезианского бассейна.

Практическая значимость.

Проведенные исследования современного состояния Северо-Дагестанского артезианского бассейна могут стать научной основой для

1) создания и рационального размещения сети стационарных опорных наблюдательных пунктов на территории Северного Дагестана и налаживания регионального мониторинга окружающей среды;

2) проведения инвентаризации ресурсов подземных вод и установления норм водопотребления, добычи артезианских вод для всех населенных пунктов Северного Дагестана;

3) создания государственной научно-технической программы по охране и рациональному использованию ресурсов подземных вод Северо-Дагестанского артезианского бассейна.

Публикации и апробация работы.

Результаты исследований докладывались на научно-практической конференции "Геология и минерально-сырьевые ресурсы Восточного Кавказа и прилегающей акватории Каспия" (Махачкала, 2001г.), научно-практической конференции "Геоэкологические проблемы освоения и охраны ресурсов подземных вод Восточного Предкавказья"

(Махачкала, 2003г.), международной конференции "Почвы аридных регионов мира, их динамика и разнообразие в условиях опустынивания" (Махачкала, 2004г.), международной конференции "Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы" (Махачкала, 2005г.), на научных семинарах ИГ и ИПГ ДНЦ РАН (1989-2006гг.).

Основные результаты работы изложены в 18 публикациях – 16 статьях и 2 тезисах конференции.

Положения, выносимые на защиту.

1) Под воздействием многолетней эксплуатации подземных вод плиоцен-четвертичных отложений Северо-Дагестанского артезианского бассейна естественная гидродинамическая картина подземного стока претерпела настолько большие изменения, что они стали соизмеримы по масштабам с природными процессами. Большая депрессионная воронка, постепенно углубляясь, захватывает всю территорию Терско-Кумского междуречья, меняя направление движения подземных вод, характер и способы их разгрузки, сток в Каспий.

2) Следствием развития региональной депрессии в напорных водоносных горизонтах плиоцен-четвертичных отложений в результате столетнего периода эксплуатации Северо-Дагестанского артезианского бассейна может стать повсеместное снижение уровня грунтовых вод и опустынивание территорий Северного Дагестана.

3) Наметились тенденции к оседанию северных областей Дагестана вследствие развития депрессионной зоны. Максимальным усадкам подвержены площади вокруг больших водозаборов, прибрежные территории, бассейны рек Терек, Прорва и Таловка. Направления максимальных подтоплений также совпадают с руслом р. Прорва, междуречьем Прорва - Таловка, Таловка - Ст. Терек, долиной Терека.

Структура работы.

Работа состоит из 5 глав, введения, заключения, списка литературы (содержащего 96 наименований) и приложений, изложена на 163 страницах, включая 40 рисунков и 17 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава первая посвящена краткому обзору работ, связанных с изучением условий формирования подземного стока верхней части гидродинамической зоны Терско-Кумского артезианского бассейна (ТКАБ), начало которым было положено в 40-х годах прошлого века Шагоянцем С.А. Им были оконтурены области питания водоносных горизонтов ТКАБ, определены направления движения подземных вод, средние скорости вертикальной и горизонтальной фильтрации, исследованы вопросы формирования химического состава и зонального распределения напорных вод древнекаспийских и апшеронских горизонтов [10].

Более поздние гидрогеологические изыскания, проведенные Курбановым М.К. на территории ТКАБ в 1956-65г.г., позволили ему построить комплекс геолого-гидрогеологических карт, дающих полное представление о закономерностях формирования и размещения, запасах и ресурсах артезианских вод, гидрохимических и геотермических условиях, гидродинамической картине подземного стока, и указать на наличие разгрузки подземных вод водоносных горизонтов древнекаспийских и апшеронских отложений не только на севере, в районе вала Карпинского, но и в Каспийское море, тем самым доказав, вопреки существовавшей концепции о застойном характере ТКАБ, гидродинамически раскрытый характер бассейна [6,7]. Количественная оценка дренируемых вод как с территории ТКАБ в акваторию Каспийского моря, так и по всему периметру Каспия, приводится в работах Джамалова Р.Г., Зекцера И.С., Месхетели А.В. [2,3,4,5].

Классификациям запасов и ресурсов подземных вод, методикам оценки эксплуатационных запасов посвящены работы Саваренского Ф.П., Альтовского М.Е., Макаренко Ф.А., Плотникова Н.И., Куделина Б.И., Бочевера Ф.М., Биндемана Н.Н., Язвина Л.С., Курбанова М.К., Зекцера И.С., Джамалова Р.Г., Шпака А.А., Ефремочкина Н.Б., Боровского Л.В., Сыроватко М.В., Щеголева Д.И. и др.

Впечатляющие объемы запасов пресной воды, высокие избыточные напоры на устьях скважин привели к тому, что ресурсы артезианских вод стали рассматриваться как неисчерпаемые. Начиная с середины 60-х годов резко возрастает добыча артезианской воды из плиоцен-четвертичных отложений по всем районам Северного Даге-

стана. Подавляющее большинство артезианских скважин работают в режиме самоизлива в течение десятилетий и однозначно определить теперь объёмы этого самоизлива не представляется возможным. Поэтому, если раньше, в ненарушенных эксплуатацией природных условиях, основным методом изучения подземного стока был балансовый метод и это было оправдано, то в условиях активного и все возрастающего водоотбора, когда надо учитывать динамику процесса, а оценить составляющие балансового уравнения довольно сложно, на первое место выходят методы моделирования, в частности математического моделирования гидродинамических процессов.

Достаточно подробно история становления и развития гидрогеологического моделирования как метода исследования описана в работе Гавич И.К., где определены основные типы задач, решаемых моделированием [1]. О необходимости применения геолого-математических моделей в целях изучения антропогенного воздействия на водные ресурсы и окружающую среду говорится в работах Семеновой-Ерофеевой С.М. [9].

Одним из первых опытов построения гидрогеологической модели многослойного водообменного комплекса на примере Терско-Кумского артезианского бассейна являются работы Гохберга Л.К., Водоватовой З.А., Ефремова Д.И., Клюквина и др., здесь же рассматривается влияние регионального водоотбора на изменение природных условий бассейна. Воднобалансовые расчеты и районирование территории, выполненные авторами [8], легли в основу схематической карты условий питания и разгрузки подземных вод, позволили им обосновать расчетную схему многослойного артезианского бассейна и реализовать её на АВМ, получив удовлетворительное совпадение модельных и натурных уреченных поверхностей по всем водоносным горизонтам.

Глава вторая начинается с описания физико-географических условий Терско-Кумской и Терско-Сулакской низменностей, их границ, рельефа, климата, поверхностного стока. Далее рассматривается геолого-тектоническое строение Терско-Кумского артезианского бассейна и дается гидрогеологическая характеристика основных водоносных комплексов пресных подземных вод: плиоценового и плейстоценового водоносных горизонтов.

Апшеронские отложения выходят на дневную поверхность вдоль предгорий Восточного Предкавказья от бассейна р. Сулак на запад до г. Нальчика в виде полосы разной ширины. Здесь они представлены мощными галечниками, грубозернистыми песками с супесями в основном континентального происхождения. Мощность песчано-галечниковой толщи апшерона и акчагыла достигает на юго-западе и в предгорной полосе бассейна рек Аксай, Ямансу, Ярыксу, Акташ до 500 м и более. Водообильность родников за редким исключением не превышает 1л/сек. Дебиты артезианских скважин в предгорьях значительно выше и составляют обычно 3-5 л/сек, достигая нередко 10-15 л/сек. Общая минерализация их составляет 0,5-1г/л, по химическому составу они относятся к сульфатно-кальциевому типу. По мере погружения на 200-500м в Терско-Кумской области минерализация их слегка растет, а химический состав становится гидрокарбонатно-натриевого типа, увеличивается газонасыщенность. В прибрежной полосе и на севере, в пределах широтной долины реки Кумы, общая минерализация достигает 3-5г/л и более. На восточных склонах Ставропольской возвышенности выходы акчагыл-апшеронских отложений на поверхность встречаются лишь в долинах некоторых рек и вскрываются артезианскими скважинами на глубинах от 50 до 200 метров и более. Число водоносных горизонтов насчитывается от 6 до 8, мощность песчаных пластов изменяется в пределах от 3-5 до 15-20 метров. Восточнее, в Ачикулаке, Озек-Суате число песчаных горизонтов достигает 14, а суммарная мощность их возрастает до 200-250м, глубина залегания колеблется в широких пределах, от 75 до 525м. Дебиты артезианских скважин изменяются от 3-4л/сек до 10-15л/сек, статические уровни устанавливаются на высоте от 0,5 до 15м выше уровня земли. Минерализация вод, преимущественно принадлежащих к гидрокарбонатно-натриевому типу, не превышает за редким исключением 1г/л.

На территории дагестанской части Терско-Кумской равнины кровля апшеронских отложений равномерно погружается от 80-100м на северо-западе области до 500м на юго-востоке. Уклон кровли вдоль широтного направления не превышает 0,0012, в направлении же с севера на юг он изменяется от 0,004 на западной границе Дагестана до 0,0025 на побережье моря. В районе Терско-Сулакского междуречья, в зоне максимального прогиба, кровля апшерона достигает

глубины 600 и более метров. Песчаность апшеронских отложений, приуроченных к западной части Северодагестанской равнины (по данным 288 артезианских скважин Ногайского района) в среднем составляет 51,2%. Ближе к акватории Каспия, в восточной части равнины, песчаность снижается до 37,2% (Тарумовский и Кизлярский районы). Однако следует отметить, что приведенные цифры относятся скорее к верхней части апшеронских отложений. Это связано с тем, что глубина 93% всех пробуренных артезианских скважин в Ногайском районе и 98% артезианских скважин в Тарумовском районе не превышает 550 метров. Районы Южносухокумска, Русского хутора, характеризуются наиболее высокими процентами песчаности, водоносные горизонты здесь представлены морскими мелко-, средне- и крупнозернистыми песками, суммарная мощность которых составляет 50-60м. Дебиты большинства скважин изменяются в пределах 2-15л/сек (лишь в отдельных случаях достигая 50л/сек) при высоте самоизлива в начальный момент эксплуатации 16-19 метров. Южнее, с погружением кровли апшерона, значительно возрастают избыточные напоры, составляя в среднем 30-35м, а в отдельных населенных пунктах, например в Юрковке, достигая 44м. Сульфатные кальциевые и натриевые воды предгорий при движении на север и северо-восток замещаются гидрокарбонатными, изменения минерализации при этом не наблюдается. Смешанные сульфатные и гидрокарбонатные воды, натриевые и кальциевые, характерны для юго-западной части Ногайского района. На большей же площади Терско-Кумской области Дагестана апшеронские воды имеют гидрокарбонатно-натриевый состав и минерализацию 0,4-0,6 г/л. Лишь по мере приближения к акватории Каспийского моря минерализация апшеронских вод увеличивается за счет хлоридных солей натрия. В целом апшеронский водоносный комплекс Северо-Дагестанского артезианского бассейна содержит пресные и слабоминерализованные воды хорошего качества, пригодные для питьевого и хозяйственного водоснабжения.

На территории СДАБ кровля *бакинских* отложений достаточно равномерно погружается с северо-запада на юго-восток от 50 до 275м в Терско-Сулакского прогибе. Общая мощность бакинских отложений возрастает в этом же направлении от 100 до 250 метров, лишь в зоне максимального погружения составляя 300-400 метров. На большей части бассейна средняя мощность бакинских отложений изменя-

ется от 150 до 250 метров. Песчаные фракции в разрезе бакинских отложений преобладают на западе бассейна; средние цифры по Ногайскому району – 47,1%, по Тарумовскому району – 43,3%, по Кизлярскому – 30%. Бакинские водоносные горизонты водообильны на всей территории Северо-Дагестанского артезианского бассейна. Средние дебиты 90% артезианских скважин Ногайского района в начальный момент эксплуатации изменялись в пределах от 2 до 10л/сек. В таких же границах по статистике находились дебиты 93% артезианских скважин Тарумовского района. Порядка 10% всех исследуемых в этих районах скважин имели более высокие дебиты, но не превышающие 30л/сек. В Кизлярском районе дебиты 32% артезианских скважин превышают 10л/сек, а средние дебиты 92% скважин укладываются в границы от 2 до 20л/сек. Избыточные напоры в артезианских скважинах западной части бассейна в начальный период эксплуатации не превышают 25 метров, в среднем изменяясь от 5 до 20м. На востоке, у побережья, почти 15% исследуемых скважин Тарумовского района имели избыточный напор более 20 метров (в отдельных скважинах до 45м). В Кизлярском районе уже более 23% скважин в начальной стадии разработки имели напоры большие 20м, максимальные напоры здесь достигали 50 метров. Таким образом, в направлении с севера-запада на юго-восток, увеличиваются мощность, водообильность и напоры бакинских водоносных горизонтов. По гидрохимическому составу воды представлены преимущественно двумя химическими типами вод: сульфатно-кальциевыми, натриевыми и гидрокарбонатно-натриевыми. В целом, артезианские воды бакинских водоносных горизонтов, как и апшеронских, пригодны для питьевого и хозяйственного водоснабжения по всей территории СДАБ.

В первом разделе третьей главы речь идет об областях питания плиоцен-четвертичных отложений Терско-Кумского артезианского бассейна. Они расположены вдоль его южной, юго-западной и западной границ – это Кабардинская наклонная предгорная равнина, сложенная аллювиальными отложениями; древнеаллювиальные, преимущественно песчано-галечниковые отложения широтной части долины Терека и многочисленных предгорных рек Дагестана, Ингушетии и Чечни и восточные склоны Ставропольской возвышенности. Основными источниками питания являются инфильтрующиеся атмо-

сферные осадки, поверхностные воды и конденсационная атмосферная влага.

При коэффициентах фильтрации порядка $n \cdot 10$ м/сут. и мощностях, изменяющихся в пределах от 50 до 200 метров, проводимость песчано-галечниковых отложений очень высокая. Кроме того, гипсометрические отметки в этих областях превышают 200-300м (а выходы плиоцен-четвертичных отложений в предгорьях Дагестана и на склонах передовых хребтов находятся на высоте 600-700м над уровнем моря). В этих условиях грунтовые воды аллювиальных отложений, аккумулирующие в себе атмосферные осадки и поверхностные воды, являются для бакинских и апшеронских отложений, примыкающих к основанию водоносной толщи, источником питания и областью, где формируется их напор.

Подземному стоку от областей питания к областям разгрузки посвящен второй раздел **третьей главы**. Постоянно возобновляемые запасы пресных вод в областях питания обеспечивают постоянную подпитку и гидростатический напор плиоцен-четвертичным отложениям, а географическое положение областей питания на юго-западном, западном и южном крыльях Терско-Кумской впадины обуславливает преимущественно северо-восточное направление движения пресных вод. Последнее подтверждается картами пьезометрических уровней, построенными для различных водоносных горизонтов (Курбанов М.К., 1964), где пьезометрические уровни плиоцен-четвертичных отложений уменьшаются по мере движения на северо-восток и восток. В этом же направлении снижается и величина гидравлического градиента: от 0,002 на юго-западе до 0,0001 в прибрежной части бассейна. Максимальный уклон (0,022) пьезометрической поверхности на территории Дагестана наблюдается в междуречье Сулак-Аксай.

С восточных склонов Ставропольской возвышенности значительно меньший поток подземных вод движется в восточном и далее в северо-восточном направлении, уклоны пьезометрических уровней составляют 0,0013 - 0,0025.

Большие гидравлические уклоны в плиоцен-четвертичных отложениях – от 0,005 до 0,01 – приурочены к юго-западной части Терско-Кумского артезианского бассейна, Кабардинской наклонной равнине, долинам предгорных рек Нальчика, Баксана, Чегема, широтной части

Терека, южнее линии Моздок – Прохладный. Отсюда поток пресных подземных вод устремляется на северо-восток. Области питания и прилегающие к ним предгорные равнины, где водовмещающие породы залегают на глубинах до 300-500м и имеют хорошие фильтрационные свойства, относятся к зонам активного водообмена.

На территории Северо-Дагестанского артезианского бассейна пьезометрические уклоны изменяются в широких пределах: от 0,022 в междуречье Сулак-Аксай, до 0,0004 в прибрежной части Северного Дагестана. Высокие пьезометрические уровни и градиенты пьезометрических уровней характерны для юго-западной предгорной части - СДАБ. Абсолютные пьезометрические уровни здесь колеблются от 300 до -20, соответственно и гидравлические уклоны изменяются от максимального - 0,02 - до минимального - 0,0003 - на побережье Каспия. Максимальные скорости фильтрации для гравелистых песков достигают 1м/сут, для песков - 0,2м/сут, для супесей - 0,03м/сут. Вектор горизонтальной скорости движения подземных вод в водоносных горизонтах бакинских и апшеронских отложений на равнине меняет свое направление с северного и северо-восточного на восточное.

На севере Дагестана абсолютные пьезометрические уровни меняются от 70 на западной границе, постепенно уменьшаясь при движении в восточном направлении, до -10 на побережье Кизлярского залива. Гидравлические уклоны меняются при этом от 0,002 до 0,0003. Направление подземного потока с запада, юго-запада - на северо-восток, восток. Средние скорости фильтрации в северной части Северо-Дагестанского артезианского бассейна варьируются в пределах от 0,4 см/сут до 0,06 см/сут. Таким образом, по мере приближения к береговой линии, наряду с ухудшением фильтрационных свойств пород, уменьшаются пьезометрические уклоны и скорости горизонтальной фильтрации.

Баланс горизонтальной и вертикальной составляющих скорости подземного потока при движении от областей питания к областям разгрузки постоянно меняется. Значительное уменьшение величины горизонтальной составляющей скорости фильтрации привело к тому, что в общем балансе возросла роль вертикальной составляющей: высокие градиенты напора между водоносными горизонтами заставляют дренироваться часть подземного потока вертикально вверх через

глинистую толщу в вышележащие водоносные горизонты, а затем в грунтовые воды по всей территории бассейна. Карты абсолютных пьезометрических уровней для бакинского и апшеронского водоносных горизонтов, при построении которых использовались первоначальные замеры давлений на артезианских скважинах, пробуренных до 1960 года, показывают, что повсеместно на территории Северо-Дагестанского артезианского бассейна давления в апшероне выше давлений в бакинских отложениях, т.е. $P_{апш.} > P_{бак.}$

Западная часть Северо-Дагестанской равнины отличается более высокими вертикальными градиентами, что связано, по-видимому, с локальными неотектоническими структурами Прикумской зоны поднятий. Аналогичные участки с аномально высокими фильтрационными свойствами наблюдаются на юго-западе Терско-Кумской области [7]. При движении от западной границы Дагестана на севере к побережью Кизлярского залива, вертикальные градиенты напора постепенно снижаются до значения 0,03, соответственно, и скорости вертикальной фильтрации уменьшаются до минимальных – $3-4 \cdot 10^{-5}$ м/сут. Региональная выдержанность пластов, плавные, без резких скачков изменения рельефа, пьезометрических профилей и уклонов пьезометрических поверхностей позволяют интерполировать подобную картину в пределы акватории Каспийского моря: часть подземного потока, которая двигалась в восточном направлении, постепенно разгружаясь вертикально вверх по всей площади бассейна, продолжает движение и площадную разгрузку под акваторией, хотя интенсивность движения артезианских вод в пределах акватории значительно снижается.

Часть подземного потока, которая двигалась в северо-восточном направлении, также по мере движения разгружаясь в вышележащие водоносные горизонты и далее в грунтовые воды, пересекает русло Кумы и достигает областей естественной разгрузки – соленых озер, расположенных в районе северного борта Кумо-Манычского прогиба от Чограйского водохранилища до побережья Каспия.

В третьем разделе **третьей главы** дается оценка площадной разгрузки и подземного стока напорных вод плиоцен-четвертичного комплекса в Каспий.

Площадная разгрузка, которая составляет на западной границе Терско-Кумской области (средний модуль стока) $2л/с \cdot км^2$, в цен-

тральной части северного Дагестана - $1\text{л/с}\cdot\text{км}^2$, снижается в прибрежной полосе до $0,3\text{л/с}\cdot\text{км}^2$. На большей части Терско-Сулакского междуречья средняя величина модуля подземного стока принимает значение $1\text{л/с}\cdot\text{км}^2$. Уменьшение модуля подземного стока здесь наблюдается в предгорьях, по мере приближения к областям питания, где скорости вертикальной фильтрации имеют обратную направленность.

Суммарная величина подземного стока из водоносных горизонтов бакинського и апшеронского отложений в Каспий составляет $0,02\text{км}^3/\text{год}$; $0,008\text{км}^3/\text{год}$ – суммарный подземный сток из зоны Терско-Кумского междуречья, $0,012\text{ км}^3/\text{год}$ - из зоны Терско-Сулакского междуречья. Неравномерность распределения подземного стока связана, прежде всего, с близостью областей питания, большими гидравлическими уклонами в водоносных комплексах плиоцен-четвертичных отложений на Терско-Сулакской площади, наряду с увеличением их мощностей в юго-восточном направлении. Граница области субмаринной разгрузки плиоцен-четвертичного водоносного комплекса на протяжении от устья Кумы до устья Терека условно проводится на расстоянии от 35км (на севере) до 10-15км (на юге области). В Терско-Сулакской зоне максимальная удаленность границы области субмаринной разгрузки не превышает 25км.

Первая часть **четвертой главы** посвящена анализу роста добычи артезианских вод за весь период эксплуатации СДАБ и сравнению общих объемов добытой воды с величиной упругих запасов, рассчитанных для каждого водоносного комплекса. Установлено, что в трех районах Дагестана - Ногайском, Тарумовском и Хасавюртовском - природный упругий запас апшеронской воды уже выработан полностью. В Бабаюртовском, Кизилюртовском и Кизлярском районах упругие запасы выработаны соответственно на 40, 15 и 9%.

Во второй части **четвертой главы** предлагается в условиях отсутствия мониторинга график зависимости изменения напора от времени привязать не к отдельной скважине, где зачастую имеется в наличии лишь единичный замер при бурении, а к населенному пункту, в котором могут находиться несколько артезианских скважин, пробуренных в разное время на один и тот же водоносный горизонт. Проанализировав, исходя из этих позиций, более 2000 скважин на территории Северо-Дагестанской равнины, были выявлены 78 пунктов, по

которым были построены кривые зависимости изменения напора от времени. Графики зависимости уровня подземных вод от времени эксплуатации напорного пласта имеют характерную для многих месторождений Северного Дагестана закономерность: основное, максимальное снижение уровня происходит в первые 2-3 года эксплуатации месторождения, за это время срабатывается большая часть упругого запаса, далее темпы падения снижаются и редко где превышают значение 1м/год. Отдельно рассматривается изменение уровня подземных вод на больших водозаборах, приуроченных к крупным населенным пунктам: Кизляру и Хасавюрту.

Третья часть **четвертой главы** посвящена построению математических моделей апшеронского водоносного комплекса на территории Терско-Кумского междуречья и бакинского водоносного комплекса на Кумско-Сулакской площади. После упрощений структуры потока, схематизации основных источников формирования водного баланса, схематизации фильтрационной неоднородности, начальных и граничных условий, дается математическая формулировка задачи, сводящаяся к решению планового нестационарного уравнения упругого режима фильтрации

$$\eta^* h \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_x h \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y h \frac{\partial H}{\partial y} \right), \quad (1)$$

где η^* - коэффициент упругости пласта, k_x, k_y - составляющие коэффициента фильтрации, h - эффективная мощность пласта.

В качестве начального распределения напоров $H_0(x, y)$ берется схематическая карта подземного стока апшеронского водоносного комплекса для естественных, не нарушенных эксплуатацией условий:

$$H(x, y, t) /_{t=0} = H_0(x, y) \quad (2)$$

Граничные условия для внешних контуров L_1, L_2 и L_3 будем считать постоянными:

$$H(x, y, t) /_{L^1, L^2, L^3} = \text{const} \quad (3)$$

Для южной границы L_4 :

$$H(x, y, t) /_{L^4} = \varphi(t) \quad (4)$$

Каждая скважина внутри оконтуренной таким образом территории, для которой имеется достоверная информация по динамике пластовых давлений, рассматривается как внутренняя граница области (1). Граничные условия для них записываются следующим образом:

$$H(x, y, t) / l_1 = f(t). \quad (5)$$

Функции $\varphi(t)$ и $f(t)$ суть линейные интерполяции, построенные на основе фактического материала по динамике пластовых давлений.

Решение задачи (1) - (5) ведется численным методом, по результатам расчётов строится карта современных абсолютных пьезометрических уровней апшеронского водоносного комплекса (рис. 1).

По аналогичной схеме строится математическая модель для бакинського водоносного комплекса на территории Кумско-Сулакской низменности и современная карта абсолютных пьезометрических уровней для Кумско-Сулакского междуречья (рис.2).

В четвертой части **четвертой** главы карты абсолютных пьезометрических уровней апшеронского и бакинського водоносных комплексов, построенные для естественных, не нарушенных эксплуатацией условий, совмещаются с современными картами подземного стока. Показывается, что максимальной депрессии в *апшероне* подвержена центральная часть рассматриваемой области и побережье Кизлярского залива: в отдельных точках градиент напора здесь составляет 60 и более метров. В направлении восток-запад происходит сдвиг всех пьезоизогипс: это говорит о том, что вся область фильтрации вовлечена в зону депрессии в той или иной степени. Изменяется и конфигурация пьезоизогипс: если при естественном режиме фильтрации линии тока имели явно выраженную северо-восточную направленность, то теперь на северо-западной, северной границах области, а также на востоке, где граница проходит по акватории Каспия, они меняют своё направление, разворачиваясь в сторону депрессионной воронки. Таким образом, в апшеронском водоносном комплексе налицо изменение вектора горизонтальной составляющей естественного фильтрационного потока.

Аналогичное смещение пьезоизогипс наблюдается и в *бакинских* отложениях на всей территории междуречья Кума-Сулак, но конфигурация пьезоизогипс изменяется, в основном, в Терско-Кумской области: как и в апшероне, линии тока разворачиваются в сторону обра-

зовавшейся депрессии. Следовательно, в бакинских отложениях на площади Кума-Терек также имеет место изменение горизонтальной составляющей естественного фильтрационного потока. Иная ситуация в Терско-Сулакском междуречье: хотя смещение пьезоизогипс здесь также имеет место, однако депрессионная воронка не образуется. Одними из основных факторов, способствовавших этому, являются: близость областей питания, наличие поверхностного стока и хорошая гидродинамическая связь с нижележащим водообильным апшеронским водоносным комплексом, обладающим в этой части бассейна наибольшей мощностью.

Совмещение двух современных карт абсолютных пьезометрических уровней для водоносных комплексов бакинских и апшеронских отложений показал, что для всех точек оконтуренной области уровень в бакинском водоносном горизонте не ниже уровня артезианских вод в апшеронских пластах, а на большей части площади намного выше.

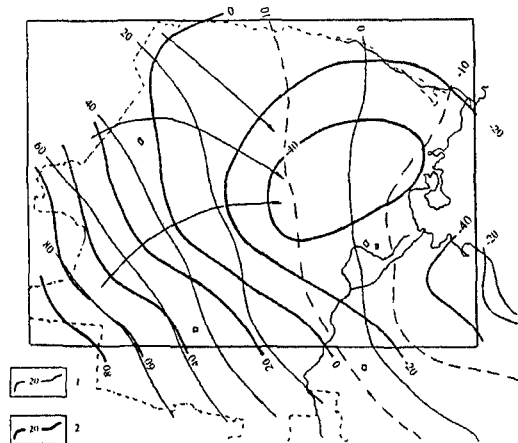


Рис. 1. Схематическая карта абсолютных пьезометрических уровней апшеронского водоносного комплекса. 1- 1964 год, 2- 2006 год.

Это говорит о том, что движение происходит в направлении сверху-вниз, из бакинских горизонтов в апшеронские. Наибольшие градиенты напора приходятся на центральную часть и побережье Кизлярского залива (20 и более метров). Таким образом, можно сделать вывод об изменении направленности вертикальной составляющей фильтра-

ционного потока подземных вод на территории Терско-Кумского междуречья: если до начала разработки артезианского бассейна основная часть апшеронских напорных вод разгружалась в грунтовые воды на всей рассматриваемой площади, то в настоящее время разгрузка осуществляется в полном объеме через открытые артезианские скважины, а направление вертикальной фильтрации изменилось на противоположное.

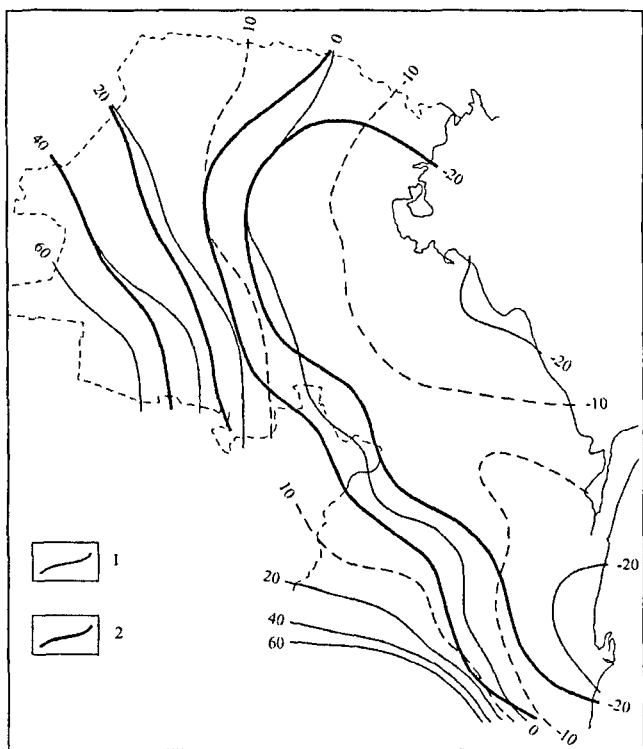


Рис. 2. Схематическая карта абсолютных пьезометрических уровней бакинского водоносного комплекса. 1 – 1964 год, 2 – 2006 год.

В первом разделе **пятой главы** производится оценка величин деформации эксплуатирующихся песчаных пластов водоносного комплекса плиоцен-четвертичных отложений, которые, несмотря на существенные депрессии, характеризуются незначительными разме-

рами. Однако частое переслаивание глинистых пород с водовмещающими песчаниковыми пластами создает хорошие предпосылки для дренирования вод из глинистых прослоек и, соответственно, уплотнения глинистых и суглинистых пород. Оценка величины оседания глинистой толщи бакинских и апшеронских отложений позволила построить схематическую карту оседания дневной поверхности территории Северного Дагестана под воздействием многолетней эксплуатации подземных вод артезианского бассейна.

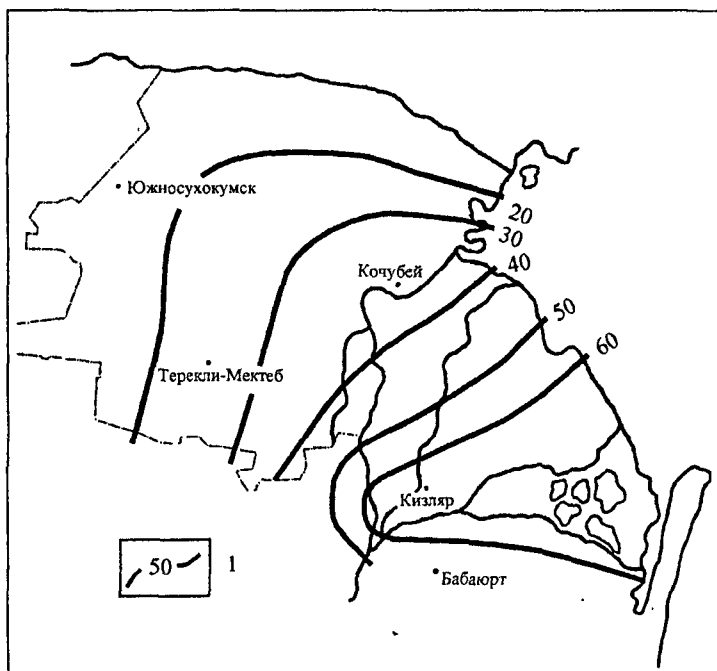


Рис. 3. Схематическая карта оседания дневной поверхности СДАБ.
1 – изолинии оседания поверхности земли в см.

Далее определяются направления и размеры возможного подтопления прибрежных площадей при прогнозируемых оседаниях дневной поверхности на севере Дагестана. Показывается, что величина сдвига морской границы в западном направлении может изменяться от 180м на севере области до 2160м на отдельных участках прибреж-

ной зоны. Величина площади предполагаемого затопления составляет примерно 240 тыс.км².

В разделе третьем пятой главы анализируется возможность взаимосвязи между повсеместным снижением напоров в водоносных горизонтах плиоцен-четвертичных отложений и процессом опустынивания территорий Северного Дагестана. То обстоятельство, что вертикальная составляющая скорости фильтрации, как отмечалось выше, изменила свое направление на противоположное, свидетельствует о том, что грунтовые воды перестают получать подпитку от напорных вод плиоцен-четвертичного комплекса из-за депрессии в последнем. Падение избыточных напоров до нуля в ближайших к поверхности водоносных горизонтах наблюдалось в некоторых населенных пунктах уже в 70-е годы: это время можно считать точкой отсчета, начиная с которой уровень грунтовых вод неуклонно снижается, причем скорость падения уровня и площадь, на которую это явление распространяется, находятся в прямо пропорциональной зависимости от масштабов образовавшейся депрессии в напорных пластах плиоцен-четвертичных отложений. По результатам расчетов для территории дагестанской части Терско-Кумского междуречья строится схематическая карта абсолютных величин снижения уровня грунтовых вод, которая, будучи совмещена со схемой глубин залегания уровня грунтовых вод [8], дает картину изменения уровня грунтовых вод за период эксплуатации бассейна. Наиболее значительные снижения уровня грунтовых вод приурочены к северным частям Ногайского и Тарумовского районов: на северо-западе, в районе Южносухокумска, абсолютные значения снижения уровня грунтовых вод достигают 90 и более сантиметров; цифра 70 см охватывает почти весь район Прикумской зоны поднятий, а значение 50 см характерно для всей области, находящейся над депрессией. Эти же районы отмечаются как наиболее неблагоприятные в смысле техногенного загрязнения пресных подземных вод продуктами нефтепромысла в процессе бурения и эксплуатации нефтяных месторождений.

Резюмируя сказанное, можно сделать вывод, что опустынивание территорий Северного Дагестана может быть напрямую связано с повсеместным снижением уровня грунтовых вод, которое, в свою очередь, стало следствием развития региональной депрессии в напорных водоносных горизонтах плиоцен-четвертичных отложений в ре-

зультате столетнего периода эксплуатации СДАБ. Такие природные факторы, как удаленность территории от основных областей питания, особенности рельефа дневной поверхности, климата и геологического строения, малые скорости фильтрации, а также техногенные факторы, как наличие множества эксплуатирующихся водозаборов, "перехватывающих" подземный сток и продолжающееся падение напоров, не позволяют рассчитывать на быстрое восполнение запасов естественным потоком подземных вод и потому процесс снижения уровня грунтовых вод принимает необратимый характер.

В пятой части **пятой главы** на примере Махачкала-Тернаирского месторождения показано, что многолетнее техногенное воздействие на природные геотермальные системы приводит к тому, что 1) качество термальных вод перестает удовлетворять высоким требованиям, предъявляемым к ним для использования в бальнеологии, горячем водо- и теплоснабжении; 2) ухудшение качества термальных вод усугубляет существующую в настоящее время проблему их участия в загрязнении окружающей среды; 3) большие объемы добычи создают угрозу значительного локального оседания дневной поверхности.

В заключительной части **пятой главы** дается геоэкологическая оценка стабильности территории Северного Дагестана. Отмечается, что увеличение антропогенной нагрузки на природную водообменную экосистему СДАБа привело к чрезмерному нарушению её устойчивости, её способности к саморегуляции. В целом площадь **Терско-Сулакского** междуречья, несмотря на большие объемы добычи артезианских вод, наименее подвержена катастрофическим изменениям (исключение составляет зона Махачкала-Тернаирского месторождения), так как близость областей питания, большой ресурсный потенциал водосодержащей толщи пока ещё компенсирует отбор. Оседание поверхности земли представляет опасность, прежде всего, для прибрежных земель, которым грозит затопление, а также городам, таким как Махачкала и Кизляр, где вследствие оседания могут быть разрушены наземные сооружения. Даже незначительные смещения пластов могут стать причиной нарушения целостности водохранилищ и других важных инженерных объектов, расположенных в Терско-Сулакской зоне. Что касается дагестанской части **Терско-Кумского** междуречья, то здесь геоэкологическая ситуация однозначно характеризуется как нестабильная. Во-первых, налицо истощение запасов

артезианских вод, возникновение депрессии в водоносных горизонтах плиоцен-четвертичных отложений. Во-вторых, следствием возникновения региональной депрессии стало изменение гидродинамической картины стока, в том числе изменение направленности скоростей вертикальной и горизонтальной фильтрации, и начало процесса деформации толщи, проявляющееся на поверхности оседанием земли. Из-за особенностей рельефа дневной поверхности вдоль побережья моря от р.Кумы до устья Терека, в результате деформирования толщи и усадки грунта, могут быть затоплены значительные площади земли. Следствием изменения направленности вертикальной составляющей скорости фильтрации стал повсеместный ущерб, нанесенный вертикальному площадному стоку напорных вод в вышележащие водоносные горизонты и, соответственно, в грунтовые воды. Воды хазарских и хвалыньских отложений под воздействием нового градиента напора, поступают в бакинские отложения, повышая минерализацию содержащихся там пресных вод, тем самым ухудшая их качество и делая непригодными для питьевого водоснабжения. Таким же путем проникают с поверхности земли, сначала в грунтовые воды, потом в более глубокие артезианские воды антропогенные загрязнители. Одними из основных источниками техногенного загрязнения артезианских вод вредными компонентами являются нефтеразведочная, нефтедобывающая и сельскохозяйственная деятельность человека. Северо-западная часть Терско-Кумской области Дагестана, район Южносухокумска, наиболее уязвимы в плане подобного проникновения. Интенсивность процесса опустынивания также возрастает в северо-западном направлении, охватывая полностью Ногайский район и северную часть Тарумовского района.

Суммируя экологические риски для природной среды как от непосредственного воздействия многолетней эксплуатации артезианских вод, так и от косвенных последствий этого воздействия, приходим к выводу, что самая нестабильная ситуация на территории Равнинного Дагестана отмечается на северо-западе области. Действительно, именно здесь, на территории, приуроченной к Сухокумской группе нефтяных месторождений, сосредоточена максимальная антропогенная нагрузка на окружающую среду и поэтому эту зону можно отнести к зоне максимального экологического риска.

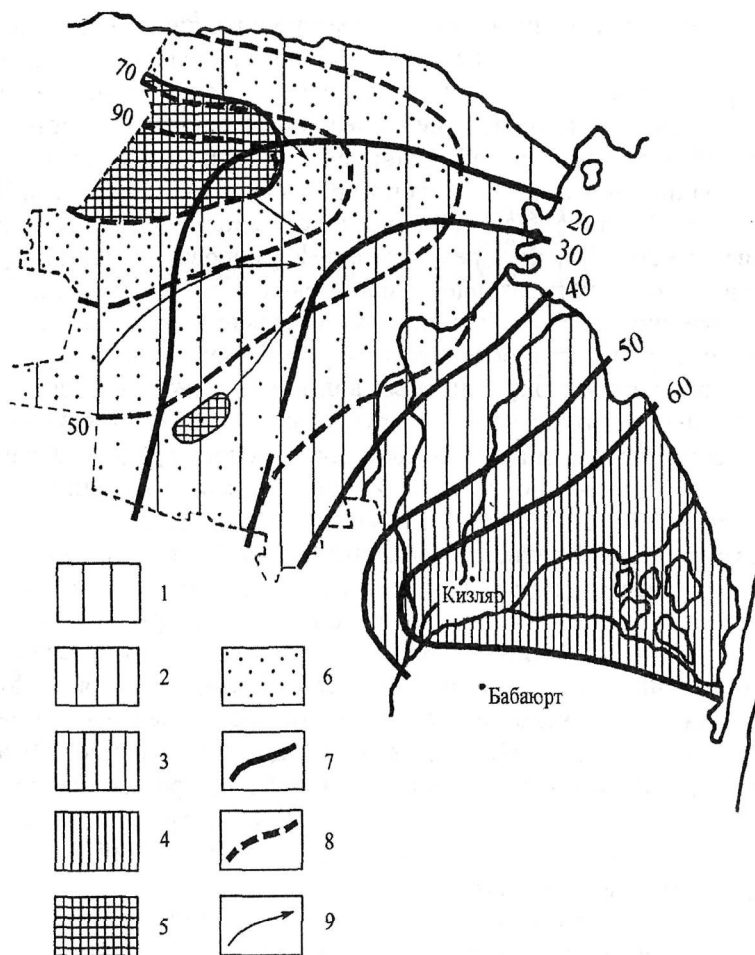


Рис. 4. Схематическая карта деградации территории Северного Дагестана. 1 – величина оседания поверхности от 30 до 40 см, 2 – величина оседания поверхности от 40 до 50 см, 3 – величина оседания поверхности от 50 до 60 см, 4 – величина оседания поверхности более 60 см; 5 – области техногенного загрязнения артезианских вод; 6 – области деградации растительного покрова; 7 – изолинии поверхностного оседания; 8 – изолинии снижения уровня грунтовых вод; 9 – направления распространения загрязнения с артезианскими водами.

Основные результаты и выводы

1. На основе анализа многочисленных данных, опубликованных в научной литературе, обширного фондового материала и многолетних исследований автора построены карты глубин залегания, общих и эффективных мощностей, песчанности, коэффициентов фильтрации и абсолютных пьезометрических уровней водоносных горизонтов бакинских и апшеронских отложений СДАБ. Прослежено движение подземных вод от областей питания до областей разгрузки, изменение горизонтальной и вертикальной скоростей фильтрации вдоль линий тока, оконтурены области субмаринной разгрузки. Дана оценка вертикальных градиентов напора в естественных условиях, общего бокового притока в бассейн и разгрузки под акваторию Каспия.

2. Произведены расчеты объемов артезианских вод, добытых из бакинских и апшеронских водоносных горизонтов за весь период эксплуатации, в том числе упругих запасов, как по районам, так и по всему СДАБ. Установлено, что в некоторых районах, таких, как Ногайский, Тарумовский, Хасавюртовский, упругие запасы апшеронских вод уже полностью выработаны.

3. Предложена методика, с помощью которой можно сделать выводы о динамике изменения напоров в условиях отсутствия стационарного мониторинга. Она позволила построить графики зависимости уровня подземных вод от времени эксплуатации напорного пласта для больших и малых водозаборов, приуроченных к различным населенным пунктам, и выявить характерный для месторождений подземных вод Северного Дагестана тип кривой снижения гидростатических напоров.

4. В результате проведенных исследований, с использованием методов математического моделирования гидродинамического процесса эксплуатации артезианского бассейна, выявлены основные закономерности формирования депрессионной зоны, ее развития и распространения по всей территории Северо-Дагестанской равнины.

5. Сделан вывод о том, что естественная гидродинамическая картина подземного стока за последние десятилетия эксплуатации плиоцен-четвертичных отложений СДАБа претерпела настолько большие изменения, что они стали соизмеримы с природными процессами: большая депрессионная воронка, возникающая на побережье Кизлярс-

го залива, постепенно углубляясь, охватывает всю территорию между речья, меняется направление движения подземных вод, способы и характер их разгрузки, сток в Каспий. Если до начала разработки артезианского бассейна основная часть напорных вод разгружалась в грунтовые воды на всей рассматриваемой площади, то в настоящее время разгрузка осуществляется в полном объеме через открытые артезианские скважины.

6. По результатам детальных расчётов построена схематическая карта оседания дневной поверхности территории Северного Дагестана под воздействием многолетней эксплуатации подземных вод артезианского бассейна, которая показала, что наиболее масштабные по площади охвата и абсолютной величине усадки характерны для прибрежных территорий Северного Дагестана. Дана оценка возможного смещения морской границы и определены направления, вдоль которых затопления могут оказаться максимальными

7. По результатам расчетов для территории дагестанской части ТКАБ построена прогнозная схематическая карта снижения уровня грунтовых вод. Сделан вывод, что с повсеместным снижением уровня грунтовых вод, которое, в свою очередь, стало следствием развития региональной депрессии в напорных водоносных горизонтах плиоцен-четвертичных отложений, может быть напрямую связано опустынивание территорий Северного Дагестана.

8. Установлено, что на рассматриваемой территории существуют условия для техногенного загрязнения подземных вод продуктами нефтепромыслов, которые проникают 1) в артезианские воды в процессе бурения и эксплуатации нефтяных месторождений; 2) в почву, грунтовые воды и, в условиях образующихся депрессионных воронок, достигают неглубоко залегающих водоносных горизонтов, далее распространяясь с потоком артезианских вод в восточном и юго-восточном направлении.

9. На основании изложенного произведена геоэкологическая оценка стабильности всей территории Северного Дагестана, которую демонстрирует схематическая карта деградации региона (рис.4).

Список цитируемой литературы

1. *Гавич И.К.* Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. М.: Недра, 1980. 358с.
2. *Джамалов Р.Г.* Подземный сток Терско-Кумского артезианского бассейна. М., Наука, 1977. 96с.
3. *Джамалов Р.Г., Зекцер И.С., Мехметели А.В.* Подземный сток в моря и Мировой океан. М.: Наука, 1977. 94 с.
4. *Зекцер И.С.* Закономерности формирования подземного стока и научно-методические основы его изучения. М., Наука, 1977. 164 с.
5. *Зекцер И.С., Джамалов Р.Г., Мехметели А.В.* Подземный водообмен суши и моря. Л., Гидрометеоздат, 1984. 208 с.
6. *Курбанов М.К.* Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М., Наука, МАИК "Наука/Интерпериодика", 2001. 260 с.
7. *Курбанов М.К.* Северо-Дагестанский артезианский бассейн. Махачкала, Дагиздат, 1969. 92 с.
8. Методика обоснования региональных гидрогеологических моделей многослойных систем./Водоватова З.А., Гохберг Л.К., Ефремов Д.И. и др. - М., Недра, 1982. 147 с.
9. *Семенова-Ерофеева С.М.* Методика изучения и картирования источников формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод. М., Недра, 1987. 88 с.
10. *Шагоянц С.А.* Подземные воды центральной и восточной частей Северного Кавказа. Госгеолтехиздат, 1959.

Публикации автора по теме диссертации

1. *Кудрявцева К.А., Щербуль З.З.* Геоэкологические аспекты использования артезианских вод Северного Дагестана. – "Геоэкология", 2005, №1. С. 25-29.
2. *Кудрявцева К.А., Щербуль З.З.* Изменение параметров природной геотермальной системы в процессе её разработки.// Материалы международной конференции "Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы", Махачкала, 2005. С. 237-241.
3. *Кудрявцева К.А., Щербуль З.З.* Некоторые геоэкологические последствия разработки артезианских вод Северного Дагестана.// Материалы научно-практ. конф. " Геоэкологические проблемы освоения и охра-

ны ресурсов подземных вод Восточного Предкавказья". Махачкала, 2003. С. 37-38.

4. Курбанов М.К., Шейхов Ю.Г., Щербуль З.З., Омарова Л.Т. Ресурсы подземных вод Дагестана и проблема водоснабжения. // Материалы научной сессии ДагФАН СССР, Махачкала, 1988 г.

5. Щербуль З.З. Влияние динамики развития пластовых депрессий на рельеф дневной поверхности. // Материалы научно-практ. Конференции "Геология и минерально-сырьевые ресурсы Вост. Кавказа и прилегающей акватории Каспия". Махачкала, 2001.

6. Щербуль З.З. Влияние изменения геофильтрационного поля Северодагестанского артезианского бассейна на экологическую ситуацию региона. // Тр. Ин-та геологии ДНЦ РАН, 2003. Вып. 49. С. 32-37.

7. Щербуль З.З. Выработка упругих запасов артезианских вод Северного Дагестана под влиянием многолетней эксплуатации. // Геотермальная энергетика. Сб. статей ИПГ ДНЦ РАН. Махачкала, 2002. С. 102-106.

8. Щербуль З.З. Геоэкологическая оценка стабильности территории Северо-Дагестанского артезианского бассейна. //Международный семинар "Возобновляемые источники энергии: Материалы и технологии". 28-30 ноября 2007 г., г. Махачкала. С.77-81.

9. Щербуль З.З. Геоэкологические аспекты эксплуатации артезианских вод Северного Дагестана. // Вестник ДНЦ РАН. 2001. № 9. С. 48-52.

10. Щербуль З.З. Геоэкология дагестанского побережья Каспия в связи с эксплуатацией подземных флюидов. В кн. "Достижения и современные проблемы развития науки в Дагестане". Махачкала, 1999.

11. Щербуль З.З. Изменчивость теплового поля геосферы в связи с эксплуатацией подземных флюидов. // Вестник ДНЦ РАН. 2004. № 16, С. 37.

12. Щербуль З.З. К вопросу о создании прогнозных математических моделей в гидрогеологии. // Материалы научно-практической конференции "Компьютерные технологии в науке, экономике и образовании". Махачкала, 2000.

13. Щербуль З.З. Тепловое поле геосферы над выработанным флюидным месторождением. // Материалы научно-практической конференции "Компьютерные технологии в науке, экономике и образовании". Махачкала, 2001.

14. Щербуль З.З. Опустынивание как следствие снижения уровня грунтовых вод. // Материалы научно-практ.конференции «Геология и

минерально-сырьевые ресурсы Южного федерального округа» Сб.тр. ИГ ДНЦ РАН, вып. 50, 2006 г.

15. *Щербуль З.З.* Оценка современной структуры подземного стока Северо-Дагестанского артезианского бассейна. // Тр. ИГ ДНЦ РАН, вып. 52, 2008 г.

16. *Щербуль З.З., Шейхов Ю.Г.* Динамика фильтрационного поля верхнеплтоценовых отложений Северного Дагестана. // Геотермия. Сб. научн. тр. ИПГ ДНЦ РАН. Махачкала, 1992.

17. *Щербуль З.З., Шейхов Ю.Г.* Изучение геофильтрационного поля Северодагестанского побережья Каспия.// Тр. Ин-та геологии ДагФАН СССР, 1989. Вып. 39. С. 58-64.

18. *Щербуль З.З., Шейхов Ю.Г., Омарова Л.Т.* Изучение динамики изменения эксплуатационных ресурсов артезианских вод Северодагестанской равнины. // Геотермия. Сб.научн.тр. ИПГ ДНЦ РАН. Махачкала, 1988.

Заказ № 193. Тираж 100.

ГУП «Типография ДНЦ РАН»
367015, Махачкала, 5-й жилгородок, корпус 10