

**ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И ИХ ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОРОШЕНИЯ ПОЧВ  
АРИДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ТЕРСКО-КУМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**

© 2025 г. Р.А. Магомедов

*Институт геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН  
Россия, 367030, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, д.75. E-mail: ra-mag@yandex.ru*

Поступила в редакцию 01.05.2025. После доработки 25.05.2025. Принята к публикации 01.06.2025.

Проблема опустынивания – одна из самых актуальных современных экологических проблем в мире. В условиях нарастающих изменений климатических условий и прогрессирующего расширения площадей пустынь аридной зоны, истощение запасов пресных артезианских вод, ухудшение их качества, падение напоров в водоносных горизонтах, затопление, засоление и загрязнение приартезианских земель наносит значительный ущерб геоэкологии Прикаспийского бассейна. Применению пресных подземных вод в условиях безводных пустынь и полупустынь, где отсутствуют запасы поверхностных вод, нет альтернативы. Актуальность проводимых исследований в условиях аридных экосистем региона не вызывает сомнения. Многолетняя интенсивная эксплуатация Северо-Дагестанского артезианского бассейна в прошлом столетии, нарастание бесконтрольного забора подземных вод из заброшенных в постсоветский период и вновь пробуренных «бесхозным» способом скважин усугубляет экологическую ситуацию в регионе. В этих условиях изучение режима подземных вод и их потенциала для целей орошения почв аридных экосистем региона приобретает особую значимость. В работе сделан обзор результатов предыдущих исследований, анализ вновь полученных результатов и даны рекомендации для реализации дальнейших исследований по заявленной тематике. Анализ проведенных исследований гидрогеологических условий и оценка потенциала подземных вод региона может стать основой для проведения инвентаризации ресурсов подземных вод, добычи артезианских вод и установления норм водопотребления для населенных пунктов региона и целей орошения почв аридных экосистем, а также, – создания и рационального размещения сети стационарных опорных наблюдательных пунктов на исследуемой территории и организации регионального мониторинга режима подземных вод.

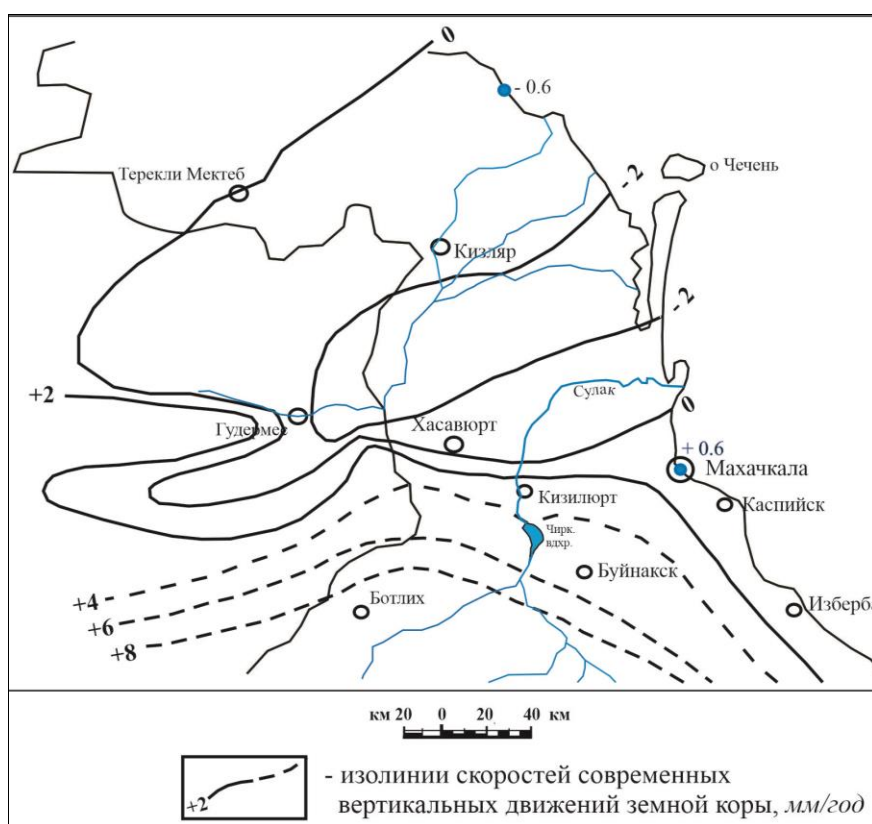
*Ключевые слова:* подземные воды, опустынивание, аридная экосистема, артезианский бассейн.

**DOI: 10.24412/1993-3916-2025-3-142-152**

**EDN: SKMMKJ**

Динамика использования засушливых и пустынных земель в условиях быстро меняющихся и нарастающих изменений климатических условий характеризуется прогрессирующим расширением площадей пустынь. Особенно остро это проявляется в регионах Прикаспийской низменности, включая зоны Северного Дагестана и Калмыкии, где расширение площадей пустынь приобретает агрессивный характер (Залибеков, 1979, 1995; Залибеков и др., 2019, 2020; Зонн, 1978; Петров, 2005; Сотин, 2000). 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 северных территорий Дагестана специалисты считают перевыпас, увеличение допустимых нагрузок на пастбища, что, безусловно, так. Однако следует учесть и другие факторы, обуславливающие опустынивание. Многолетняя интенсивная эксплуатация Северо-Дагестанского артезианского бассейна в прошлом столетии и наметившаяся в последние несколько десятилетий здесь тенденция присвоения территорий «фермерскими» хозяйствами, а также нарастание бесконтрольного забора подземных вод из заброшенных в постсоветский период и вновь пробуренных «бесхозным» способом скважин усугубляет экологическую ситуацию. Более 2000 артезианских скважин эксплуатируется на самоизливе. Истощение запасов пресных артезианских вод, ухудшение их качества, падение напоров

в водоносных горизонтах, затопление, засоление и загрязнение приартезианских земель – факторы, отсутствие внимания к которым нанесло значительный ущерб геоэкологии бассейна. Кроме того, в Северном Дагестане идет разработка нефтяных, газовых и геотермальных месторождений. Наиболее неблагоприятная ситуация характерна для северо-западной части Ногайских степей, где водозаборы артезианских вод расположены в пределах Южно-Сухокумского нефтепромысла и где в апшеронских водах отмечены максимальные концентрации тяжелых элементов (Кудрявцева, 2001). Одним из источников загрязнения являются поля фильтрации, на которые в течение десятков лет сливаются попутные воды с нефтяных месторождений, содержащие в больших количествах металлы, нефтепродукты и иные элементы. Другим источником антропогенного загрязнения артезианских вод является сельскохозяйственная деятельность. Из недр извлекаются большие объемы флюидов. Такая ситуация стимулирует локальные и региональные оседания поверхности земли артезианского бассейна. Учитывая особенности рельефа степной зоны Дагестана, даже незначительные усадки дневной поверхности могут привести к подтоплению больших площадей земли в прибрежной полосе Каспийского моря, особенно в осевой зоне Терско-Каспийского краевого прогиба (рис. 1).



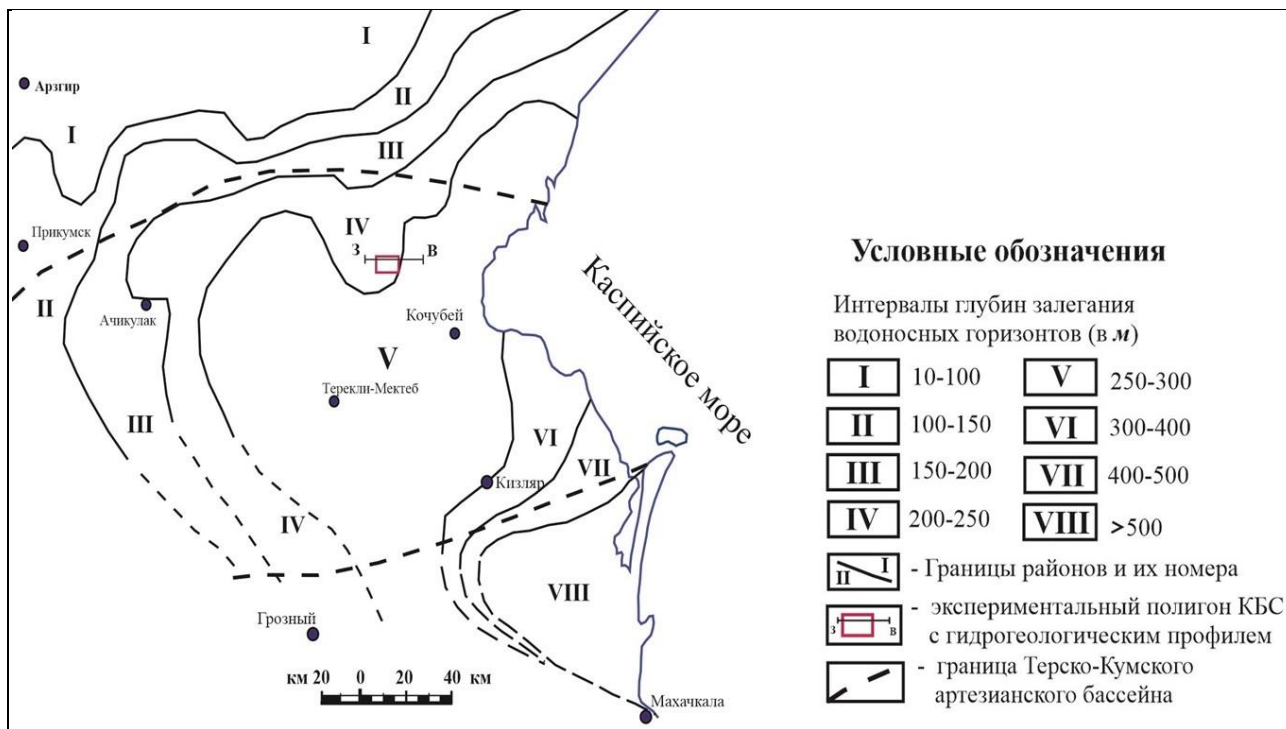
**Рис. 1.** Фрагмент картосхемы скоростей вертикальных движений земной коры.

Проблема опустынивания – одна из самых актуальных современных экологических проблем в мире. Практической основой борьбы с опустыниванием и освоения природного потенциала аридных земель в условиях современных климатических изменений является применение взвешенной технологии орошения засушливых и пустынных земель пресными подземными водами. Применению пресных подземных вод в условиях безводных пустынь, полупустынь, где отсутствуют запасы поверхностных вод, нет альтернативы. Таким образом, актуальность проводимых исследований в условиях аридных экосистем региона не вызывает сомнения.

#### Материалы и методы

Гидрогеологические условия в пределах экспериментального полигона Кочубейской биосферной станции (КБС) предопределены приуроченностью территории Терско-Каспийскому краевому

прогибу. Непосредственно – структуре II порядка, Восточно-Предкавказскому бассейну пластовых и блоково-пластовых напорных вод, в пределах которого выделяется Терско-Кумский артезианский бассейн (рис. 2), где и располагается экспериментальный полигон КБС площадью 3 тыс. га. На данной территории распространены инфильтрационные, конденсационные и седиментогенные воды.



**Рис. 2.** Обзорная картосхема глубин залегания водоносных горизонтов апшеронских отложений Восточно-Предкавказского бассейна пластовых и блоково-пластовых напорных вод.

Территория экспериментального полигона приурочена к хвалынской аккумулятивно-морской равнине. Годовая испаряемость в пределах полигона составляет 900-1000 мм.

Разведанные запасы пресных подземных вод по категории С<sub>2</sub> по материалам геологических фондов на Северо-Дагестанской площади Терско-Кумского артезианского бассейна включающей Бабаюртовский, Курушский и Согратлинский участки, составляют соответственно 11.0, 6.0 и 6.0 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Для Терско-Кумского артезианского бассейна (в пределах Дагестана) М.К. Курбанов (1964, 1966, 1969) аналитическим методом оценил естественные ресурсы древнекаспийского (четвертичного) и апшеронского водоносных отложений, которые, соответственно, составили 700 и 900 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Также им был подсчитан сток подземных вод в Каспийское море (150 тыс. м<sup>3</sup>/сут) и забор скважинами (200 тыс. м<sup>3</sup>/сут).

Позднее, в 1976 г., проведена оценка ресурсов подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна проблемной лабораторией МГУ (Методика обоснования ..., 1982). Оценка производилась с применением сеточного моделирования. Методическими рекомендациями по перспективной оценке эксплуатационных запасов института ВСЕГИНГЕО предусматривались изучение общих ресурсов подземных вод, которые складываются из обеспеченных питанием и постоянно возобновляемых во времени естественных ресурсов, дополнительных запасов подземных вод, привлекаемых в процессе эксплуатации. При оценке эксплуатационных запасов подземных вод расчеты производились с учетом сработки общих ресурсов подземных вод в течение заданного срока эксплуатации (25-50 лет). При проведении оценки решалась задача по определению той части ресурсов подземных вод, которая может быть отобрана без их существенного истощения и загрязнения, а также не нанесет значительного ущерба поверхностному стоку. Ресурсы оценивались по 6 водоносным горизонтам, включая нижний слой верхнеапшеронского яруса. В работе был оценен

баланс каждого выделенного водоносного горизонта. Перетоки подземных вод между ними составляют от 57 до 71% расходной части общего баланса. Это говорит об очень незначительном движении подземных вод в горизонтальном направлении, ближе к побережью Каспийского моря.

### Результаты и обсуждение

*Геолого-гидрогеологические условия.* Несмотря на жаркий климат и пустынный ландшафт, территория полигона, в период выпадения сезонных дождей, подвержена подтоплению подземными водами. На подтопленных участках, в летнее время, влага держится от нескольких часов до нескольких суток, в зависимости от количества осадков. Подтопление обусловлено неглубоким залеганием слабопроницаемых грунтов (глинистых образований голоценового и хвалынского возрастов), перекрывающих хазаро-хвалынский водоносный комплекс.

*Почвенные воды* приурочены к почвенному слою, участвуют в питании корневой системы степных растений, имеющие связь с атмосферой и подстилающими им верховодкой и грунтовыми водами. Мощность почвенного слоя в пределах территории полигона изменяется в широких пределах – от нескольких сантиметров до 5 м.

*Грунтовые воды* Ногайского и северо-западной части Тарумовского районов залегают на глубинах от 3.5-4 м и глубже поверхности земли. В большей части они имеют высокую минерализацию и непригодны для водоснабжения. Этому способствуют климатические условия и равнинный характер рельефа, вследствие которого замедляется движение грунтовых вод. На поверхности минерализованных грунтовых вод «плавают» линзы пресных вод, занимающие нередко значительную площадь. Пресные воды образуются преимущественно за счет атмосферных осадков и конденсации водяных паров. Обладая меньшей плотностью, пресные воды находятся на поверхности соленых, и благодаря малой скорости диффузии, не смешиваются с ними. Большие площади Тарумовского и Ногайского районов заняты сухими песками, лессовидными и глинистыми породами, слабо воспринимающими атмосферные осадки. Выпадающие на поверхность пустыни в теплое время года атмосферные осадки расходуются, в основном, на испарение и в незначительном количестве – на инфильтрацию. Условия для накопления грунтовых вод весьма неблагоприятны. В пределах полигона имеет место конденсационное питание грунтовых вод (питание за счет сгущения водяных паров воздуха), осаждающихся на охлажденных частицах горных пород – на глубине около 1 м наблюдаются влажные пески.

Местами грунтовые воды получают дополнительное питание за счет подтока напорных артезианских вод из расположенных ниже пластов (через гидрогеологические «окна») в силу превышения пьезометрической поверхности над отметками зеркала грунтовых вод. Уровень грунтовых вод в условиях КБС постоянно ниже уровня напорных, поэтому последние и подпитывают грунтовые воды (рис. 3). На рисунке показаны средневзвешенный геолого-литологический разрез через экспериментальный полигон (рис. 2, профиль 3-В) и пьезометрические напоры верхнеапшеронских водоносных комплексов.

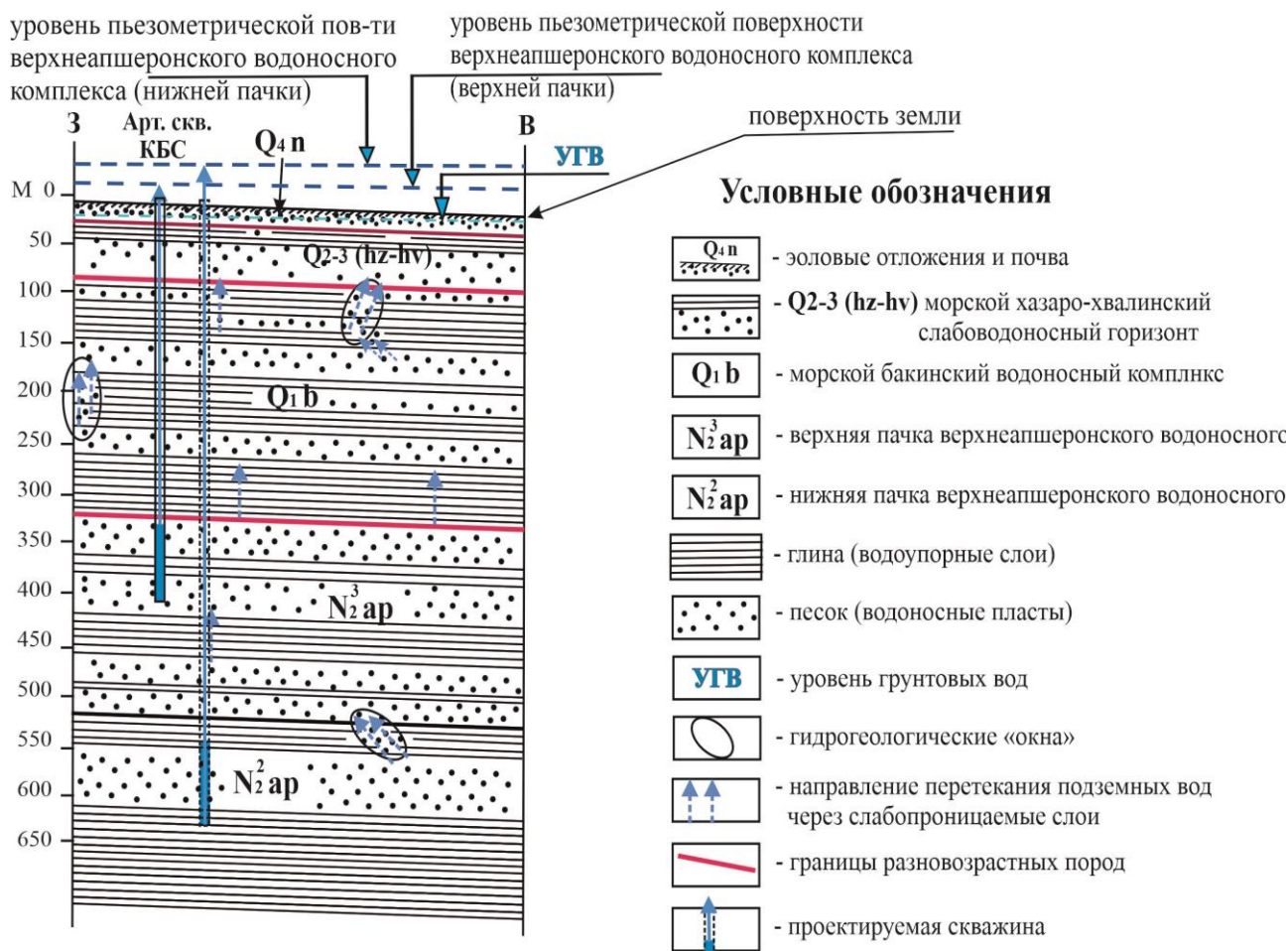
Напорные водоносные горизонты Терско-Кумского артезианского бассейна имеют этажное расположение и разделены относительно водоупорными слоями различной мощности, образуют артезианский бассейн подземных вод. Напор в водоносном горизонте создается гидростатическим давлением не только в пределах области транзита, но далеко от нее в области питания.

Под влиянием геостатических нагрузок на формирование давления в водоносном горизонте наиболее сильно уплотняются глины, степень уплотнения песков значительно ниже. Дополнительные объемы воды, которые поступают из подстилающих и перекрывающих глинистых толщ в водоносные породы, приводят к повышению пластовых давлений, формированию областей питания и созданию напора за счет геостатических давлений.

Напор, формирующийся за счет геодинамического составляющего, образуется в сейсмически активном смежном районе (в области питания, в предгорной и горной частях Кавказа) за счет напряжений, создаваемых в пластах тектоническими силами.

Наличие волн сейсмической активности в регионе может оказать существенное влияние на гидрогеодинамический режим водоносного горизонта, в частности, на минерализацию и содержание некоторых компонентов в подземных водах. Иногда, в некоторой степени, и на изменение химического типа воды. Вероятно, что некоторые изменения в химическом составе вод,

зарегистрированные нами за период проведения опытных экспериментальных работ по Проекту «Возрождение земель, подверженных опустыниванию с применением подземных пресных вод в Терско-Кумской низменности», о котором будет сказано ниже, связаны с сейсмическим режимом в смежном регионе. В результате скачка напоров подземные воды из одного горизонта перетекают в другой через слабопроницаемые пласты и гидрогеологические «окна» – происходит смешение вод нижнего и верхнего горизонтов с соответствующим изменением их химического состава на определенное время. В зависимости от интенсивности и продолжительности воздействия сейсмических волн на систему вода-порода, а также от расстояния источника воздействия на систему, происходит изменение некоторых компонентов в подземных водах, в т.ч. наблюдающиеся эпизодические изменения концентрации мышьяка в верхней пачке верхнеапшеронского ВК, поступающего из нижележащих водоносных комплексов. Наличие перетока подземных вод из нижних водоносных комплексов в верхние подтверждают данные моделирования гидрогеологических условий Терско-Кумского артезианского бассейна (Щербуль, 2008).



**Рис. 3.** Гидрогеологический разрез со средневзвешенной литологической колонкой через экспериментальный полигон (профиль З-В на рис. 2); предполагаемая глубина вскрытия напорного водоносного горизонта артезианской скважиной на полигоне КБС – 350-400 м.

Хазаро-хвалынский водоносный комплекс (ВК) имеет мощность на западе до 50-100 м (в Ногайском районе), а в восточной части равнины – до 250 м (прибрежная зона Каспийского моря). В западной и южной части равнины данный ВК образует грунтовые воды, незащищённые и условно защищённые. По направлению на восток и северо-восток подземные воды хазаро-хвалынского ВК перекрываются глинистыми образованиями голоценового и хвалынского возраста и в результате этого приобретают напор порядка 1-3 м над устьем скважин. Генезис отложений ВК преимущественно аллювиально-морской, реже – аллювиальный. Дебиты скважин различаются в

зависимости от литологии водоносных отложений, удельные дебиты меняются в пределах 0.1-20 л/с.

Минерализация подземных вод изменяется от 0.3 г/л в областях питания до 5 г/л в восточной части равнины. Соответственно, в северо-восточном направлении изменяется и химический тип воды от гидрокарбонатного к сульфатному и хлоридному, образуя все вариации преобладающих анионов (до 20% мг/эк). Напор в хазаро-хвалынском водоносном комплексе не превышает над устьем скважин более 1.5 м. Нижний, бакинский водоносный горизонт, от верхнего хазаро-хвалынского комплекса отделен глинистыми прослоями мощностью от 10 до 20 м.

*Бакинский ВК* представлен песчано-глинистыми аллювиально-морскими образованиями. На западе Ногайского района его суммарная мощность составляет 30-50 м, на востоке – до 250 м. По направлению на восток и северо-восток средне и мелкозернистые пески замещаются тонкозернистыми.

В центральной части равнинной территории пьезометрический уровень не выше 3 м относительно устья скважин, тогда как на западе Ногайского района не отличается от уровня грунтовых вод. В восточной части равнины пьезометрический уровень грунтовых вод достигает +20 м относительно поверхности земли. От верхнего хазаро-хвалынского ВК бакинский ВК отделен глинистыми прослоями мощностью от 10 до 20 м. Удельные дебиты меняются в пределах 0.2-2.0 л/с. Минерализация подземных вод меняется от 0.3 г/л в западной части равнины до 3 г/л в восточной. Тип воды меняется в восточном направлении от гидрокарбонатного и сульфатного к хлоридно-сульфатному и хлоридно-гидрокарбонатному.

*Верхнеапшеронский ВК (верхняя пачка)*. Суммарная мощность песчано-глинистых аллювиально-морских отложений изменяется от 150 на западе (в северо-западной части Ногайского района) до 300 м в восточной части равнины. Глубина залегания кровли верхней пачки меняется от 130 м в северо-западной части района до 500 м в восточной части центральной оси Терско-Сулакского прогиба. Водоносные породы представлены алевритами, средне, мелко и тонкозернистыми песками. Верхняя пачка сверху перекрыта пачкой глин от 30 до 100 м регионально выдержанных глин, представляющий региональный водоупор (вскрыт скважинами повсеместно) – подошву бакинского водоносного горизонта. Абсолютные отметки пьезометрического уровня подземных вод – выше залегающих сверху, хазаро-хвалынского и бакинского ВК. Необходимо отметить, что за последние несколько десятилетий, судя по материалам геологических фондов, пьезометрическая поверхность подземных вод понизилась на 20 м (на площади расходной части). Тип воды в верхней пачке ( $N_2^3$  ар) – гидрокарбонатно-хлоридный натриево-кальциевый. Минерализация – 1.4-1.9 г/л; общая жесткость – 1.2 (ПДК – 7.0); рН – 8.7; содержание мышьяка ~ 0.01-0.02 мг/л. Установившийся пьезометрический уровень подземных вод по скважине полигона КБС – выше поверхности земли на 5.5-6.0 м.

*Нижняя пачка ВК* представлена 2-3 слоями песков (песчаников на востоке) и залегает на глубине 330 м на западе Ногайского района и до 750 м на востоке. По направлению к востоку пески замещаются глинистыми образованиями. От верхней пачки нижняя отделена прослоем глин средней мощностью 50 м. Абсолютные отметки пьезометрического уровня – выше на 5-10 м относительно верхней пачки. Минерализация подземных вод меняется в пределах 0.5-3.0 г/л, увеличиваясь к востоку. Тип воды в целом соответствует верхней пачке. Содержание мышьяка – от 0.024 до 0.15 мг/л. По нормам СанПиН (Сборник важнейших ..., 1992; Крайнов, Швец, 1987), содержание мышьяка в питьевой воде – не более 0.05 мг/л. По федеральным нормам России, ПДК мышьяка в воде, подаваемой в системы хозяйственно-бытового водоснабжения, – не более 0.1 мг/л. Такую воду нельзя использовать в качестве питьевой, а также для термической обработки и приготовления еды. В продуктах прикорма на зерновой основе – 0.2 мг/кг. Всемирная организация здравоохранения устанавливает иные, более низкие нормы в питьевой воде – не более 0.01 мг/л.

Питание вышеперечисленных водоносных комплексов происходит в результате инфильтрации атмосферных осадков и речных вод в основном с предгорных зон, как Дагестана, так и Чечни и Ставрополя. Часть питания поступает с западной стороны Ставропольского края. Разгрузка водоносных комплексов, помимо разгрузки в бассейн Каспийского моря, выражена перетеканием вверх и последующим испарением с уровня грунтовых вод, а также водоотбором скважинами. Режим артезианских вод стабилен по сравнению с грунтовыми водами, пьезометрический уровень мало подвержен месячным и сезонным колебаниям, температура вод с глубиной, как правило, возрастает, менее подвержены загрязнению с поверхности в связи с тем, что они перекрываются относительно

водоупорными породами.

Повышенная минерализация вод в нижней пачке верхнеапшеронского водоносного комплекса (седиментогенные воды) объясняется замедленным движением и поступлением воды из более древних отложений (в силу превышения пьезометрической поверхности нижележащих водоносных комплексов над отметками таковых вышележащих горизонтов подземных вод), связь с которыми осуществляется, вероятно, по трещинам тектонического происхождения и гидрогеологическим «окнам». Воды нижней пачки слабо метаморфизованы –  $\Sigma na / \Sigma Cl = 1.86$ . Обнаружены микрокомпоненты – йод, бром, фтор, железо и другие (Курбанов, 1969; Хомичева, Омарова, 1984).

По предварительной оценке результатов проведенных исследований установлена приуроченность подземных вод самоизливающейся артезианской скважины полигона к верхней пачке верхнеапшеронского водоносного комплекса. Определена целесообразность ее использования в качестве поливной системы для орошения почв аридной зоны КБС. Анализ материала геологического фонда подтверждает наличие в верхней пачке комплекса более 1.5 млн. м<sup>3</sup> самовозобновляемых упругих запасов пресных подземных вод. Потребляемый объем воды, по предварительной оценке, за вегетацию с учетом потерь не превышает 3% от общего их запаса. Потребляемая часть для комплексного орошения почв аридной зоны из расчета 160 м<sup>3</sup>/га (плюс 10% потери) достаточны на всю площадь полигона.

Химический анализ подземных вод верхнеапшеронского водоносного комплекса (верхней пачки), проведенный М.Ш. Абдуллаевым в Лаборатории физико-химических методов анализа Института геологии ДФИЦ РАН с 2020 по 2022 гг., не показал изменений в ее составе (табл. 1) за исключением колебаний в содержании хлоридов, сульфатов, нитратов, бикарбонатов, а также общей минерализации, которые по своим кондициям позволяют использовать для орошения почв аридной экосистемы. Дебит, температура и pH воды на устье скважины за период наблюдений с 2017 по 2025 гг. не менялись и составили 1 л/сек, 24°C и 7.0 соответственно.

**Таблица 1.** Результаты химического анализа подземной воды из артезианской скважины КБС.

Компонент	Содержание и дата отбора пробы			
	18.08.2020	10.05.2022	15.07.2022	19.12.2022
Натрий (Na <sup>+</sup> ), мг/л	–	338.2	228.2	246.3
Калий (K <sup>+</sup> ), мг/л	–	2.3	1.2	1.2
Кальций, (Ca <sup>2+</sup> ), мг/л	10.0	32.0	9.2	7.8
Магний (Mg <sup>2+</sup> ), мг/л	8.5	19.5	6.0	
Железо (Fe <sup>2+, 3+</sup> ), мг/л	0.070	–	0.004	0.010
Медь (Cu <sup>2+</sup> ), мг/л	0.002	–	0.001	0.002
Цинк (Zn <sup>2+</sup> ), мг/л	0.007	–	0.008	0.008
Хлориды (Cl <sup>-</sup> ), мг/л	296.0	375.0	134.4	128.7
Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/л	2.4	38.4	1.5	0.84
Фториды (F <sup>-</sup> ), мг/л	0.7	–	0.2	0.2
Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/л	14.2	12.5	9.1	0.6
Нитриты (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), мг/л	–	–	–	–
Фосфаты (P <sup>-</sup> ), мг/л	–	–	0.5	0.48
Бикарбонаты (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/л	1037	362.3	420.3	488.1
Минерализация, мг/л	1355	1180.2	810.6	880.5
Жесткость, мг-экв./л	1.2	3.2	1.0	0.9
Мышьяк (As <sup>06</sup> ), мг/л	0.023	0.011	0.023	–
pH	на устье скважины – 7.0			
t, °C	на устье скважины – 24.0-24.5°C			

В то же время пробы воды из водонакопителя<sub>2</sub>, соединенного с артезианской скважиной, показали результаты, указанные в таблице 2.

После попадания подземной воды из скважины в водонакопитель произошли некоторые изменения в содержании хлоридов, нитратов и общей минерализации, которые не влияют на качество воды для полива с/х угодий. Исследования подобного рода ранее не проводились. Таким образом, экспериментальный полигон КБС представляет собой модельный объект для применения в условиях аридных экосистем Прикаспийской низменности. По санитарному состоянию подземные воды удовлетворяют требованиям, предъявляемым к водам хозяйственного водоснабжения. Результаты исследования позволяют рекомендовать подземные воды верхнеапшеронских отложений как источник хозяйственно-питьевого назначения при условии соблюдения норм санитарной охраны водозаборного сооружения. Проведенные исследования и анализ имеющегося на сегодняшний день фондового материала позволяют нам говорить о том, что ближайшим к поверхности водоносным комплексом, имеющим упругие запасы подземных вод и позволяющим по своим кондициям использовать для орошения почв аридной экосистемы, является *верхнеапшеронский терригенный комплекс (верхняя пачка)*.

При планировании использования подземных вод необходимо учитывать, что защищенность различных водоносных горизонтов неодинакова. Полностью условно защищены от проникновения загрязняющих веществ с поверхности земли подземные воды напорных водоносных горизонтов, перекрытые выдержанными слабопроницаемыми глинистыми слоями, за исключением случаев забора подземных вод с неудовлетворительным техническим состоянием водозаборных скважин.

**Таблица 2.** Результаты анализа подземной воды из водонакопителя, соединенного с артезианской скважиной.

Компонент	Содержание и дата отбора пробы		ПДК
	10.05.2022	20.07.2022	
Натрий (Na <sup>+</sup> ), мг/л	340.0	283.1	200
Калий (K <sup>+</sup> ), мг/л	2.0	2.07	20
Кальций, (Ca <sup>2+</sup> ), мг/л	29.8	7.6	200
Магний (Mg <sup>2+</sup> ), мг/л	20.8	6.2	100
Железо (Fe <sup>2+, 3+</sup> ), мг/л	–	0.002	0.3
Медь (Cu <sup>2+</sup> ), мг/л	–	0.001	1.0
Цинк (Zn <sup>2+</sup> ), мг/л	–	0.009	5.0
Хлориды (Cl <sup>-</sup> ), мг/л	394.3	148.8	350
Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/л	40.3	16.2	500
Фториды (F <sup>-</sup> ), мг/л	–	0.4	1.5
Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/л	14.4	0.4	45
Нитриты (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), мг/л	–	–	3.3
Фосфаты (P <sup>-</sup> ), мг/л	–	24	3.5
Бикарбонаты (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/л	400.8	500.2	400
Минерализация, мг/л	1242.4	989.0	до 1000
Жесткость, мг-экв./л	1.5	1.2	1-7
Мышьяк (As <sup>06</sup> ), мг/л	–	0.02	0.05
pH	8.2	8.5	6-8

Нитратное загрязнение в некоторых районах Терско-Кумского артезианского бассейна преимущественно связано с сельскохозяйственной деятельностью. Основной причиной его образования здесь являются минеральные удобрения и отходы крупных животноводческих комплексов. Влияние последних приобретает все большее значение, и животноводческие комплексы становятся крупным источником загрязнения подземных вод азотистыми соединениями. В подземных водах они встречаются в основном в 3 формах: аммонийной, нитритной и нитратной.

Нитратный азот является конечным продуктом в цепочке последовательных преобразований азота при его окислении: *аммонийный азот → нитритный азот → нитратный азот*.

Процесс нитрификации, в результате которого нитритная форма азота переходит в нитратную форму, продолжается сравнительно недолго, до 1-1.5 месяцев, но может замедляться или ускоряться в зависимости от температуры и изменения гидрогеохимической обстановки водоносного горизонта. При миграции азотистых соединений происходят и обратные процессы – денитрификация, в результате которой нитратный азот восстанавливается до нитритного и аммонийного. В условиях восстановительной среды в водоносном горизонте процессы нитрификации замедляются или прекращаются. В такой обстановке аммонийный азот может сохраняться в течение длительного времени и не переходить в нитратный. Однако и аммонийный, и нитратный азоты являются промежуточными, неустойчивыми формами. В конечном итоге они переходят в наиболее устойчивую форму – нитратный азот. Именно в этой форме происходит преимущественное накопление азота в подземных водах. Нитраты хорошо растворяются в воде, отличаются сравнительно небольшой сорбируемостью. Они могут мигрировать по водоносному горизонту на значительное расстояние и попасть в водозаборные сооружения хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Для предотвращения загрязнения необходимо иметь зоны санитарной охраны. В общем случае она состоит из 2 поясов: первого (строгого режима) и второго (ограничений). Проект зоны санитарной охраны должен разрабатываться и согласовываться в качестве части общего проекта водозаборного сооружения. Зона строгого режима предназначена для предотвращения возможности случайного загрязнения воды непосредственно в водозаборах. В первый пояс включаются участок водоприемного сооружения, насосная станция, установка для водоподготовки и т.д. Территорию этого пояса ограждают и осуществляют за ней постоянный контроль.

В пределах второго пояса не должно быть источников загрязнения, предусматриваются ограничения на проведение земляных и строительных работ, не допускается сооружение хранилищ отходов и предприятий, имеющих токсичные отходы, т. е. не должны создаваться условия, которые могут привести к загрязнению эксплуатируемого водоносного горизонта. В пределах этого пояса запрещается сброс промышленных и бытовых сточных вод в водоносные горизонты.

*Граница зоны строгого режима* устанавливается от водозаборного сооружения на следующих расстояниях:

- для надежно защищенных горизонтов (артезианские водоносные горизонты) – порядка 30-40 м;
- для незащищенных водоносных горизонтов (грунтовые воды, первые от поверхности горизонты напорных вод с ненадежным водоупором и инфильтрационные водозаборные сооружения) – порядка 50-70 м;
- для одиночных водозаборных скважин, в случае защищенных водоносных горизонтов, располагаемых на территории, где исключается возможность загрязнения почвы, расстояние от водозабора до границы этого пояса может быть уменьшено до 15-20 или 25-30 м в случае незащищенных или недостаточно защищенных водоносных горизонтов.

*Граница зоны ограничений* устанавливается в зависимости от гидрогеологических, техногенных и санитарных условий прилегающей территории, типа и режима эксплуатации водозаборного сооружения. Следует считать обязательным установление границ второго пояса для централизованных водозаборных сооружений, эксплуатирующих грунтовые воды, в особенности, для инфильтрационных водозаборных сооружений. Для напорных вод необходимость установления границ второго пояса определяется конкретными условиями защищенности водоносного горизонта, перекрывающими его слабопроницаемыми (водоупорными) породами. В пределах территории, которую занимает второй пояс (независимо от того, установлен он официально или нет), недопустимо проведение работ, нарушающих целостность перекрывающего водоносный горизонт водоупора.

Для количественной оценки эксплуатационного потенциала верхнеапшеронского водоносного комплекса, установления и уточнения гидрогеологических показателей (коэффициента фильтрации, уровне- и/или пьезопроводности, радиуса влияния, зон санитарной охраны) необходимо бурение специальных гидрогеологических скважин, в т.ч. на участке реализации проекта, а также проведение комплексных гидрогеологических исследований. Для реализации рекомендуемых исследований необходимо приобретение постоянно регистрирующих уровнемеров, датчиков давления и специального Программного оборудования (ANSDIMAT) для расчета гидрогеологических

показателей и слежение за режимом подземных вод в режиме мониторинга. В результате проведения предусмотренных исследований возможна реальная оценка эксплуатационного потенциала водоносного горизонта для последующего орошения почв аридных экосистем.

### Выводы

Под воздействием многолетней эксплуатации подземных вод, наряду с перевыпасом и возросшей антропогенной нагрузкой, а также ускоренным в последние несколько десятилетий изменением климатических процессов, активизируется наступление песков, идет опустынивание и деградация земель аридной экосистемы. Истощение запасов пресных артезианских вод, ухудшение их качества, падение напоров в водоносных горизонтах, затопление, засоление и загрязнение приартезианских земель – неблагоприятные факторы, отсутствие внимания к которым нанесло значительный ущерб геоэкологии артезианского бассейна.

Разработка нефтяных, газовых и геотермальных месторождений на площадях Северного Дагестана с извлечением больших объемов флюидов стимулирует локальные и региональные оседания поверхности земли артезианского бассейна. Развитие региональной депрессии в напорных водоносных горизонтах плиоцен-четвертичных отложений может привести к повсеместному снижению уровня грунтовых вод и опустыниванию данных территорий.

Анализ проведенных исследований гидрогеологических условий и оценка потенциала подземных вод региона может стать основой для:

1) проведения инвентаризации ресурсов подземных вод, добычи артезианских вод и установления норм водопотребления для населенных пунктов Северного Дагестана, а также для орошения почв аридных экосистем;

2) создания и рационального размещения сети стационарных опорных наблюдательных пунктов на территории Северного Дагестана и организации регионального мониторинга режима подземных вод.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Залибеков З.Г.* 1979. Анализ антропогенного использования почвенных ресурсов Дагестана // Почвоведение. № 5. С. 34-48.
- Залибеков З.Г.* 1995. Опыт экологического анализа почвенного покрова Дагестана. Махачкала. 146 с.
- Залибеков З.Г., Мамаев С.А., Биарсланов А.Б., Магомедов Р.А., Асгерова Д.Б.* 2019. Об использовании пресных подземных вод засушливых регионов мира в борьбе с опустыниванием земель // Аридные экосистемы. Т. 25. № 3. С. 3-12. [*Zalibekov Z.G., Mamaev S.A., Biarslanov A.B., Magomedov R.A., Asgerova D.B.* 2019. The Use of Fresh Groundwater from Arid Regions of the World in the Fight against Land Desertification // Arid Ecosystems. Vol. 9. No. 2. P. 77-84.]
- Залибеков З.Г., Мамаев С.А., Гринченко О.С., Котенко М.Е., Магомедов Р.А.* 2020. О приоритетах развития стратегий исследований засушливых земель мира // Аридные экосистемы. Т. 26. № 3. С. 3-14. [*Zalibekov Z.G., Mamaev S.A., Grinchenko O.S., Kotenko M.E., Magomedov R.A.* 2020. Priorities in the Development of the Research Strategy for Arid Lands of the World // Arid Ecosystems. Vol. 10. No. 3. P. 171-180.]
- Зонн С.В.* 1978. Вопросы преобразования почв Дагестана в связи с интенсификацией их освоения // Биологическая продуктивность почв дельтовых экосистем Прикаспийской низменности. Махачкала. С. 68-74.
- Курбанов М.К.* 1964. К формированию подземного стока артезианских вод апшеронских и четвертичных отложений Северодагестанской равнины. Вопросы гидрогеологии и геотермии Дагестана // Труды ИГ Дагестана ФАН СССР. Вып. 5. С. 31-37.
- Курбанов М.К.* 1969. Северо-Дагестанский артезианский бассейн. Махачкала: Дагкнигоиздат. 92 с.
- Кудрявцева К.А.* 2001. Геоэкологическое состояние подземных питьевых вод Северного Дагестана // Тезисы докладов XVI научно-практической конференции по охране природы Дагестана. Махачкала. С. 54-56.
- Крайнов С.Р., Швец В.М.* 1987. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. М.: Недра. 237 с. Методика обоснования региональных гидрогеологических моделей многослойных систем. 1982 / Ред. З.А. Водоватова, Л.К. Гохберг, Д.И. Ефремов и др. М.: Недра. 147 с.
- Петров В.И.* 2005. Процессы опустынивания и концепция борьбы с ними на сельскохозяйственных землях аридной зоны России // Антропогенная деградация ландшафтов и экологическая безопасность. Волгоград. С. 115-134.
- Сборник важнейших официальных материалов по санитарным и противоэпидемическим вопросам. 1992. В 7 т. Т. V: Санитарные правила и нормы (СанПиН), гигиенические нормативы и перечень методических указаний и рекомендаций по гигиене питания / Ред. В.М. Подольский. М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора РФ. 386 с.

- Сотин А.Н.* 2000. Глобальные изменения климата и окружающая среда: тренды и прогнозы, реакция и поведение природно-антропогенных систем // Антропогенная деградация ландшафтов и экологическая безопасность. М., Волгоград. С. 92-102.
- Хомичева Т.А., Омарова Л.Т.* 1984. Микрокомпоненты в артезианских водах Северного Дагестана по данным спектрального анализа. Поиски и освоение месторождений термальных вод Дагестана // Труды ИПГ Дагестана ФАН СССР. Вып. 1. С. 65-68.
- Щербуль З.З.* 2008. Гидрогеологические особенности и геоэкологические последствия многолетней эксплуатации северо-дагестанского артезианского бассейна. Автореф. дисс. ... к.г.-м. н. по специальности 25.00.36 – геоэкология. Махачкала. 29 с.