

**ОХРАНА РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СЕВЕРНОГО ДАГЕСТАНА  
КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА**

© Щербуль З.З.

*Институт проблем геотермии ДНЦ РАН, г. Махачкала*

*В статье рассматривается ряд факторов природного и антропогенного характера, влияющих на экосистему аридных территорий Северного Дагестана. Недопустимый уровень отбора артезианских вод привел к истощению водных ресурсов региона, ухудшению их качества, значительным депрессиям в водоносных горизонтах и, как следствие, к снижению уровня грунтовых вод и деградации растительного покрова. Результаты математического моделирования процесса эксплуатации артезианского бассейна позволили оценить масштабы проблемы.*

**Ключевые слова:** экосистема, аридный климат, депрессия, деградация, артезианские воды, опустынивание, моделирование, микроклимат.

Процессы аридизации и опустынивания территорий наблюдаются во всём современном мире и охватывают огромные пространства земли. К естественным причинам природного опустынивания относят климатические колебания с учащением сильных засушливых периодов. Хозяйственная и социальная деятельность человека на протяжении веков, и особенно в настоящее время, значительно ускорила неблагоприятные изменения в природе, сделав их в большинстве случаев необратимыми. Множественные примеры таких катастрофических по своим размерам последствий для экосистем приводятся исследователями в научной литературе [2].

Аридные территории в Дагестане представлены Терско-Кумской низменностью, на которой расположены земли Ногайского, Тарумовского и Кизлярского районов: это равнинная зона с эрозийно-аккумулятивным рельефом, незначительно наклоненная в восточном и северо-восточном направлении. Абсолютные отметки изменяются от 100м на юго-западе до -28м на побережье Каспийского моря, причем большая часть низменности лежит ниже уровня мирового океана. Широтное направление русла реки Кумы отделяет равнину на севере от Калмыцких степей, южная граница проходит по реке Терек. Отсутствие поверхностного стока на площади в 8 тыс. км<sup>2</sup> (помимо этих двух окаймляющих рек) в условиях аридного климата сделало проблему водоснабжения населённых пунктов жизненно важной. Пробуренная в 1898 году на территории Северо-Дагестанской равнины первая артезианская скважина (в населенном пункте Львовская №1), положила начало использованию подземных вод для хозяйственных нужд населения. В 1925 году началась добыча артезианских вод в Кизлярском районе, в 1929 - в Тарумовском и в 1937 - в Ногайском районе. Отдельные низкодебитные скважины, постепенно появляющиеся на карте Дагестана, хотя и нарушали общее равновесие природной гидродинамической системы, но пока существенно не влияли на естественную картину стока. Ситуация изменилась в 50-х годах прошлого века: открытие газонефтяных месторождений в мезозойских отложениях Северного Дагестана дало мощный импульс расширению геолого-разведочных работ на ресурсы пресных подземных вод, и добыча артезианских вод резко поползла вверх. Эксплуатировались преимущественно артезианские воды бакинских отложений, позже апшеронского водоносного комплекса, а в Терско-Сулакском междуречье также хазарский и хвалынский горизонты. Надо отметить, что где-то до 80-х годов данные по количеству пробуренных новых или ликвидированных старых скважин можно считать достоверными, в последние же годы самовольное бурение артезианских скважин не поддается никакому контролю, соответственно и возросшие объемы добычи учесть не представляется возможным.

Одним из принципов устойчивого развития территории является сохранение возобновляемых ресурсов, использование их в пределах, не превышающих их прирост, под влиянием же увеличивающегося отбора артезианских вод, в условиях аридного климата и отсутствия поверхностного стока, в водоносных горизонтах могут развиваться депрессии, влияние которых на природную систему окажется существенным. Подобное развитие можно наблюдать на примере эксплуатирующегося более ста лет Северо-Дагестанского артезианского бассейна [5]: пресные и слабоминерализованные воды плиоцен-четвертичного комплекса, являющиеся основой жизнедеятельности региона, истощаются, а падение напоров в эксплуатационных горизонтах достигло таких размеров, что повлияло на всю картину естественного стока подземных вод Терско-Кумского междуречья.

Для выявления основных закономерности формирования депрессионных зон, их развития и распространения по всей территории Северо-Дагестанского бассейна, необходимо было проследить динамику изменения напоров в эксплуатирующихся водоносных горизонтах с момента бурения скважины до настоящего времени. Однако на практике имеем дело с большим количеством артезианских скважин, пробуренных для хозяйственных и сельскохозяйственных нужд и приуроченных к населенным пунктам, в течение многих лет работающих в режиме самоизлива, замеры давления на которых производились в основном только при бурении. Ситуацию осложняют и скважины, которые вообще нигде не зафиксированы и по которым нет никакой информации; они тоже вносят свой вклад в общую депрессию, оценить которую необходимо. Таким образом, единственным достоверным параметром, на который можно опереться при расчётах, является пластовое давление, измеряемое при бурении скважин.

Отметим на карте двухсоттысячного масштаба все артезианские скважины Северо-Дагестанской равнины со следующими данными: номер скважины, абсолютная отметка устья, глубина скважины, водоносный горизонт, гидростатический напор, время бурения. Как правило, имеется несколько скважин, пробуренных на один водоносный пласт, которые сосредоточены в одном населенном пункте или в ближайшей его окрестности. Нужно проанализировать каждую такую группу на предмет получения информации по динамике изменения пластового давления.

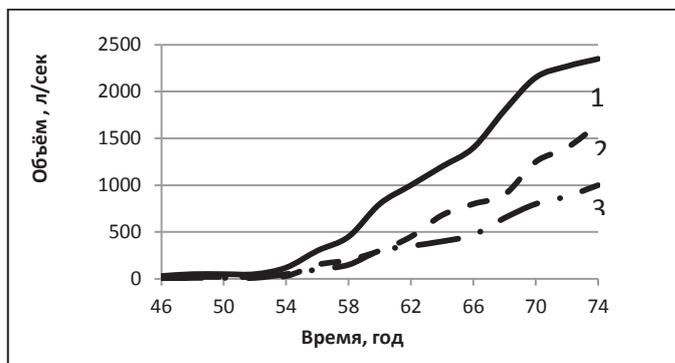


Рис. 1. График прироста добычи артезианских вод по районам  
1 – Ногайский район; 2 – Тарумовский район; 3 – Кизлярский район

На примере Южносухокумска можно видеть, что несколько скважин эксплуатируют апшеронский водоносный горизонт, причем глубины залегания водоносных пластов изменяются в пределах 200-208м. Одна скважина пробурена в 1969 году, абсолютный пьезометрический уровень составил 16,0м. Пробуренная в 1997 году на этот же пласт скважина имела абсолютный пьезометрический уровень 8,5м. Имеется замер уровня скважины, пробуренной в 1998 году, и он составил 8,0м. Все три точки хорошо ложатся на прямую линию, характеризующую падение уровня подземных вод.

Прогнозируя на основе данного графика абсолютный пьезометрический уровень на 2000 год, была получена цифра  $-2,7$  м. Данные бурения по 2000-му году в Южносухокумске показали, что в этом пласте абсолютный пьезометрический уровень снизился до  $-2,5$  м. Подобные незначительные расхождения между реальными и прогнозными цифрами позволяют использовать вышеприведенный метод для прослеживания динамики изменения пьезометрических уровней в условиях отсутствия мониторинга. Проанализировав, исходя из этих позиций, более 2000 скважин на территории Северо-Дагестанской равнины, были построены порядка 80 графиков зависимости уровня подземных вод от времени эксплуатации напорного пласта. Эти графики имеют характерный для многих месторождений Северного Дагестана тип кривой: 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  $1\text{м/год}$ . Данные по динамике изменения абсолютных пьезометрических уровней легли в основу построения гидродинамической модели верхнеплиоценового и четвертичного водоносного комплекса Северного Дагестана [3]. На рис.2 приведены схематические карты абсолютных пьезометрических уровней для бакинского и апшеронского водоносных горизонтов, при построении которых использовались первоначальные замеры давлений на артезианских скважинах, пробуренных до 1960 года. Они показывают, что повсеместно на территории Северо-Дагестанского артезианского бассейна давления в апшероне выше давлений в бакинских отложениях, т.е.  $P_{\text{апш.}} > P_{\text{бак}}$ . Западная часть Северо-Дагестанской равнины отличается более высокими вертикальными градиентами, т.е. более эффективной вертикальной разгрузкой; при движении от западной границы Дагестана на севере к побережью Кизлярского залива, вертикальные градиенты напора постепенно снижаются от  $0,2$  до значения  $0,03$ . Часть подземного потока, двигаясь в восточном направлении, постепенно разгружается вертикально вверх по всей площади бассейна, продолжает движение и площадную разгрузку под акваторией, хотя интенсивность движения артезианских вод, как показывает анализ гидродинамических параметров, в пределах акватории значительно снижается. Другая часть подземного потока, которая движется 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 [4].

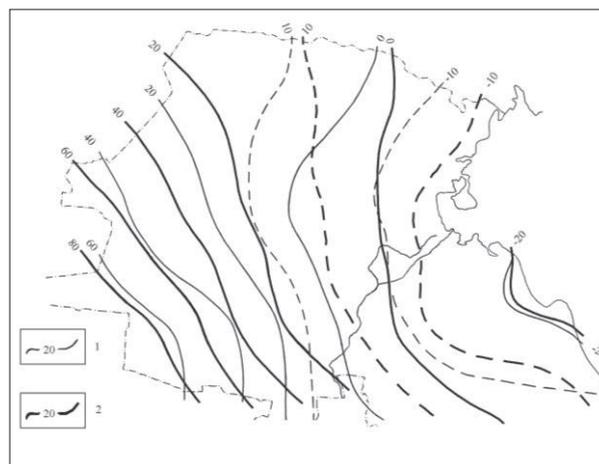


Рис. 2. Схематическая карта абсолютных пьезометрических уровней в ненарушенных эксплуатацией условиях  
1 – бакинский водоносный горизонт; 2 – апшеронский водоносный горизонт

Для дагестанской части Терско-Кумского бассейна величина напорного питания грунтовых вод составляет в среднем 13 мм/год. Благодаря ежегодному притоку из напорных водоносных горизонтов уровень грунтовых вод находился на большей части области на глубине от 1 до 5 метров.

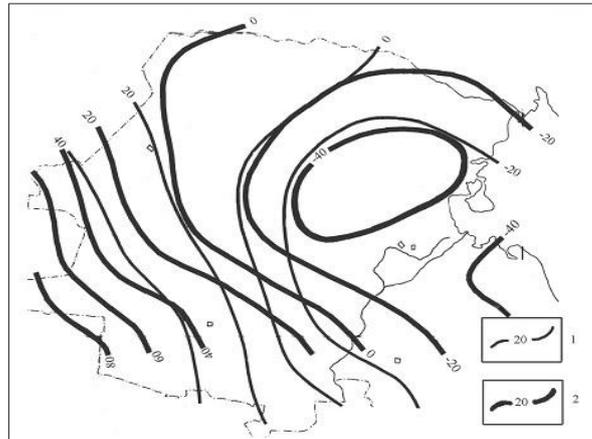


Рис. 3. Схематическая карта современных абсолютных пьезометрических уровней.  
1 – бакинский водоносный горизонт; 2 – апшеронский водоносный горизонт.

На рис. 3 приведены современные схематические карты абсолютных пьезометрических уровней для бакинского и апшеронского водоносных комплексов, построенные по результатам моделирования, на которых для всех точек рассматриваемой области Рапш.< Рбак., т.е. вертикальная составляющая скорости фильтрации изменила свое направление на противоположное. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что грунтовые воды перестают получать подпитку от напорных вод плиоцен-четвертичного комплекса из-за депрессии в последнем.

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 [1], дает картину изменения уровня грунтовых вод за период эксплуатации бассейна, изображенную на рис. 4.



Рис. 4. Схематическая карта снижения уровня грунтовых вод.  
Глубина залегания уровня грунтовых вод: 1 – от 0 до 1м; 2 – от 1 до 3м; 3 – от 3 до 5м ;  
4 – от 5 до 10м . 5 – расчетная величина снижения уровня грунтовых вод (м).

Процесс снижения уровня грунтовых вод охватил всю территорию Терско-Кумского междуречья Дагестана. 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 0.9 и более метров; цифра 0.7 м охватывает почти весь район Прикумской зоны поднятий, а значение 0.5 м характерно для всей области, находящейся над депрессией.

На северо-западе рассматриваемой территории, внутри изолинии 0.9, лежит область с уровнем грунтовых вод от 1 до 3 м и при снижении уровня на 1 м указанная площадь перейдет из разряда высокопродуктивных в разряд средне- и низкопродуктивных [1]. Большая же часть области, где уровень грунтовых вод изменяется от 3 до 5 м (зона, очерченная на карте изолинией 0.5), относится к разряду низкопродуктивных и эта зона, подверженная опустыниванию.

Хорошее качество артезианских вод бакинского и апшеронского водоносных горизонтов позволяет использовать их на территории Ногайского и Тарумовского районов для орошения сельскохозяйственных угодий. На тех площадях, где подобное орошение имеет место, может наблюдаться кратковременное повышение уровня грунтовых вод, в том случае, если покровная толща песчаная. Если же верхняя часть покровной толщи преимущественно глинистая (что характерно для большей части рассматриваемой области), большая часть поливной воды из подземных горизонтов будет потрачена на испарение, так как скорость испарения в нашем случае намного выше скорости фильтрации в глинах. Орошение сельскохозяйственных земель требует дополнительно больших объемов добычи артезианских вод: если иссякает один водоносный горизонт – разработчики переходят на более глубокие горизонты или ставят насосы. Применение принудительных откачек ускоряет процесс снижения уровня грунтовых вод: в этом случае возможно проникновение или отток грунтовых вод и смешивание их с артезианскими водами близких к поверхности напорных пластов. Таким образом, в результате окультуривания одних площадей, постепенно обезвоживается вся территория междуречья в целом. Удаленность территории от основных областей питания и малые скорости горизонтальной фильтрации не позволяют рассчитывать на быстрое восполнение запасов естественным потоком подземных вод и потому процесс снижения уровня грунтовых вод принимает необратимый характер.

Таким образом, перегрузка пастбищ и снижение уровня грунтовых – вот основные факторы, приводящие к деградации растительного покрова, эрозии почв, дефляции и превращающие степные экосистемы в полупустыни и пустыни. Высокие летние температуры и сильные ветра в северных районах Дагестана способствуют активному наступлению песков. Если альbedo поверхности, покрытой травянистой растительностью, изменяется от 20 до 28%, то альbedo песчаной поверхности достигает 40% - подобный значительный рост отражающей способности поверхности Земли может серьёзно отразиться на региональном микроклимате.

Рассмотрим изменения температуры воздуха и количества осадков за тридцатилетний период в населённом пункте с рекордно высокими летними температурами - Терекли-Мектебе: абсолютное изменение среднегодовой температуры воздуха составляет здесь 1,1°C, распределение же величины изменения температуры по месяцам показывает (рис.5.1), что максимальное увеличение температуры приходится на летние месяцы, в августе оно достигает 3°C. Рост летних температур сопровождается существенным снижением осадков (рис.5.2), т.е. наблюдается отрицательная корреляция между этими параметрами. Увеличение альbedo территории приводит к снижению конвекции, уменьшению облачности и осадков (суммарное годовое количество осадков снизилось за указанный период с 298 мм до 260 мм) и влияет на микроклимат, усиливая его аридизацию. Аналогичная картина наблюдается для Кочубея: здесь снижение количества осадков составляет порядка 25 мм при увеличении температуры августа на 2,5°C, а также для всех населённых пунктов Терско-Кумского междуречья, где ведутся долговременные метеорологические наблюдения.

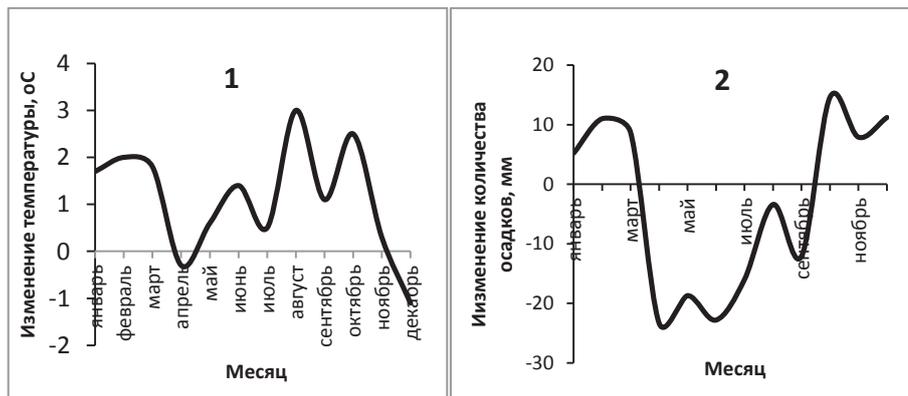


Рис. 5. Изменение температуры воздуха (1) и количества осадков (2) в Терекли-Мектебе за 30-летний период

Таким образом, если оценивать «вклад» глобального потепления и антропогенных факторов в деградацию наземной экосистемы северных регионов Дагестана, то на первом месте по негативному воздействию окажутся антропогенные изменения.

Ещё в 70-80 г.г. прошлого века звучали рекомендации гидрогеологов [4] о допустимом уровне добычи артезианских вод и об установлении критических дебитов отбора, в настоящее же время речь должна идти о минимальных дебитах отбора, обусловленных жизненной необходимостью. Запасы пресных подземных вод на самых начальных стадиях разработки месторождений надо было отнести к разряду стратегических и расходовать очень экономно, не допуская самоизливов скважин и бесконтрольного бурения. Следует отметить, что использовать артезианские воды на орошение сельскохозяйственных угодий даже в условиях аридного климата также нерационально: помимо депрессий в водоносных горизонтах, полив слабоминерализованными водами приводит к засолению грунтовых вод, ухудшению качества почвы на орошаемых площадях вследствие вторичного засоления и заболачивания. Даже орошение из поверхностных источников пресных вод при отсутствии естественной дренированности приводит к тому, что концентрация поливной воды увеличивается в десятки раз [2], способствуя значительному росту естественной засоленности почв аридной территории.

К реально существующим проблемам для окружающей среды относятся и экологические риски, возникающие в связи с деформационными процессами, сопровождающими интенсивные разработки подземного флюида. За весь период эксплуатации Северо-Дагестанского артезианского бассейна, по минимальным оценкам, из недр извлечено порядка  $10 \text{ км}^3$  артезианской воды с площади 22 тыс.  $\text{км}^2$ , что по самым приближенным расчетам снизит вертикальные отметки рельефа примерно на 0,45м. Однако на величину усадки влияет множество факторов, начиная от особенностей геологического строения рассматриваемой толщи, кончая технологией и длительностью эксплуатации, режимом и объемами добычи воды, техническим состоянием скважин. Частое переслаивание глинистых пород с водовмещающими песчаными пластами, характерное для верхней части осадочных отложений Терско-Кумского артезианского бассейна, создает хорошие предпосылки для дренирования вод из глинистых прослоек и, соответственно, уплотнения глинистых и суглинистых пород. На основе выявленных закономерностей по динамике изменения напоров в бакинском и апшеронском водоносных горизонтах произведены расчёты величин деформации толщи плиоцен-четвертичных отложений и оседания дневной поверхности территории Северного Дагестана под воздействием многолетней эксплуатации подземных вод артезианского бассейна. Отметим, что, хотя наиболее сильно подвергаются деградации земли вокруг больших водозаборов, более масштабные по площади охвата и абсолютной величине усадки характерны для прибрежных территорий Северного Дагестана. Это связано с

увеличением в данном направлении относительного содержания в разрезе глинистых и суглинистых фракций. Максимальное оседания почвы характерно для долины реки Терек, включая Кизлярский водозабор, здесь величины деформации достигают 0,6 и более метров. Значительным деформациям подвержены и бассейны рек Прорва и Таловка: абсолютные величины оседания здесь изменяются от 0,3 до 0,6м. К северу и северо-западу от Кочубея, в Ногайском районе, значения этих величин не превышают 0,2м. Учитывая особенности рельефа Северо-Дагестанской равнины, даже незначительные усадки дневной поверхности могут привести к подтоплению больших площадей земли в прибрежной полосе Каспийского моря.

Истощение запасов артезианских вод, падение напоров в водоносных горизонтах плиоцен-четвертичных отложений – это перемены очевидные и связанные с непосредственным воздействием человека на среду: они охватывают всю территорию дагестанской части Терско-Кумского междуречья. Следствием возникновения региональной депрессии стало изменение природной гидродинамической картины стока, в том числе изменение направленности скоростей вертикальной и горизонтальной фильтрации. Следствием же изменения направленности вертикальной составляющей скорости фильтрации стал повсеместный ущерб, нанесенный вертикальному площадному стоку напорных вод в вышележащие водоносные горизонты и, соответственно, в грунтовые воды. Высокоминерализованные воды хазарских и хвалынских отложений под воздействием нового градиента напора, поступают в бакинские отложения, повышая минерализацию содержащихся там пресных и слабоминерализованных 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 [3]. С повсеместным снижением уровня грунтовых вод, которое, в свою очередь, стало следствием развития региональной депрессии в напорных водоносных горизонтах плиоцен-четвертичных отложений в результате столетнего периода эксплуатации Северо-Дагестанского артезианского бассейна, может быть напрямую связана активизация процессов опустынивания северных районов Дагестана. К неясным результатам депрессий в водоносных горизонтах плиоцен-четвертичного комплекса относится начало процесса деформации толщи, проявляющееся на поверхности оседанием земли: в результате деформирования толщи и усадки грунта может быть нанесён ущерб инженерным сооружениям, особенно в крупных населенных пунктах, а также существует угроза затопления значительных площадей прибрежной земли.

Суммируя экологические риски для природной среды как от непосредственного воздействия многолетней эксплуатации артезианских вод, так и от последствий этого воздействия, приходим к выводу, что на территории Равнинного Дагестана сосредоточена максимальная антропогенная нагрузка на окружающую среду и поэтому эту зону можно отнести к зоне максимального экологического риска.

### Литература

1. *Водоватова З.А., Гохберг Л.К., Ефремов Д.И.* Методика обоснования региональных гидрогеологических моделей многослойных систем. М.: Недра, 1982. 147 с.
2. *Ковда В.А.* Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира. М.: Наука 2008.415с.
3. *Кудрявцева К.А., Щербуль З.З.* Геоэкологические аспекты использования артезианских вод Северного Дагестана. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2005. № 1, С. 25-29.
4. *Курбанов М.К.* Геотермальные и термоминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. М.: Наука, МАИК "Наука/Интерпериодика", 2001. 260с.
5. *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.