АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2024, том 30, № 2 (99), с. 112-118

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.48.581.5

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ОАЗИСНОЙ ИРРИГАЦИИ ПЕСКОВ ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

© 2024 г. Г.А Сурхаев, Г.М. Сурхаева

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН
Россия, 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, д. 97. E-mail: gasan2255@mail.ru

Поступила в редакцию 13.07 2023. После доработки 30.08.2023. Принята к публикации 01.12.2023.

Приведена оценка гидрогеологического потенциала Терско-Кумских песков Западного Прикаспия, в толщах которых содержатся значительные запасы подземных вод (артезианские, грунтовые) Прикаспийской низменности, локализующиеся вблизи питающих ледников Большого Кавказа. По химическому составу они пригодны для орошения древесных и травянистых культур-мелиорантов, о чем свидетельствует многолетний научно-экспериментальный опыт Ачикулакской научно-исследовательской лесной опытной станции Всесоюзного научно-исследовательского института агролесомелиорации (ныне – Северо-Кавказский филиал Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН) на песках Бажиганского массива, обуславливающий широкий потенциал использования самонапорных (артезианские) и безнапорных (грунтовые) подземных вод в оазисной ирригации песчаных земель. По сравнению с капиталоемкой моделью предварительного резервуарного накопления самоизливающихся артезианских вод для орошения пастбищ более рентабельным и быстрее окупаемым представляется проект использования грунтовых вод для полива кормовых фитоценозов напрямую из скважин, импульсным дождеванием с помощью возобновляемых источников энергии (солнце, ветер). По прогнозной оценке, потенциал подземных вод региона достаточен для гидромелиорации более 100 тыс. га песчаных земель аридной территории.

Ключевые слова: движущиеся пески, подземные воды, артезианские воды, грунтовые воды, оазисная ирригация, орошение песков, ирригация пастбищ, водная скважина, растения-мелиоранты.

DOI: 10.24412/1993-3916-2024-2-112-118
EDN: KKNHZL

Терско-Кумские пески занимают обширную часть (около 1 млн. га) аридной территории Западного Прикаспия, где с начала прошлого века активно ведутся работы по мультимелиорации деградированных земель под пастбищное животноводство, бахчеводство, садоводство, виноградарство и другие виды аграрного освоения, в которых реализация продукционного потенциала (урожайность) выращиваемых культур, в значительной мере сдерживается засушливостью климата и отсутствием ирригации (Сурхаев и др., 2019). Проложенный в 1950-е годы Терско-Кумский канал охватил гидромелиорацией небольшую площадь песков (около 17 тыс. га), т.к. целью этого проекта было освоение прилегающих к ним более плодородных зональных почв аридной территории (Кондаков и др., 2019)

Пески междуречья содержат уникальные запасы подземных вод (напорных и безнапорных), которые по гидрохимическому составу вполне пригодны для орошения многих культур-мелиорантов и интенсификации растениеводства и животноводства засушливых земель (Залибеков и др., 2019).

В работе проведена оценка гидрогеологического потенциала подземных вод территории (артезианские и грунтовые) и многолетнего опыта их использования Ачикулакской научно-исследовательской лесной опытной станцией (НИЛОС) в локальной мелиорации песков Западного Прикаспия. Полученные данные положены в основу обоснования инновационных моделей оазисной ирригации пастбищных угодий в аридном регионе.

Материалы и методы

В объекты исследования вошли питомник размножения растений-интродуцентов (12 га), опытный участок натурализации субтропических культур (3 га) с орошением из глубоко залегающих пластов (260-480 м) самоизливающихся артезианских вод и экспериментальный участок ирригации лесных и сельскохозяйственных культур (20 га) минерализованными грунтовыми водами на принудительном водозаборе из неглубоко (30-60 м) залегающих водоносных горизонтов (табл. 1).

Таблица 1. Гидрологическая оценка скважин подземных вод объектов орошения.

Характеристика скважин	Объекты		
	АВ		ГВ
	№1	№2	№3
Год бурения	1961	1960	1992
Глубина подземных вод, м	451	327	30-60
Минерализация, г/л	0.2	0.4	3.1-8.9
Температура воды, °С	26.3	24.1	15.1-17.3
Дебит, л/с	9.7	3.8	0.7-1.8
Площадь орошения, га	12.0	3.0	20.0

Указанные объекты Ачикулакской НИЛОС расположены на Бажиганском массиве песков Западного Прикаспия. Он характеризуются равнинным рельефом и относительно высоким почвенным плодородием. В ходе многолетних экспериментальных работ накоплен большой опыт возделывания широкого ассортимента натурализованных в регионе хозяйственно-ценных культур из умеренной (26 видов) и субтропической зоны (11 видов).

Исследования на объектах проводились с учетом локальных условий и общепринятых методических разработок (Климентов, Кононов, 1998; Мазиров и др., 2012; Савин, Березина, 2014).

Результаты и обсуждение

Пески Терско-Кумского междуречья Западного Прикаспия расположены на депрессии древнекаспийских отложений, где большую часть занимают легкие аллювиальные наносы речных террас, сформированные на полимиктовой (полевые шпаты, апатиты, амфибиолы, слюды и др.) и цеолитной основе, в связи с этим пески более плодородные, чем другие (Петров и др., 2018). В их толщах находятся не только пресные, самонапорные (артезианские), но и солоноватые, безнапорные (грунтовые) воды, доступные для фитомелиорации земель региона (Зекцер и др., 2012).

Ресурсы пресных вод планеты истощаются, а солоноватых – увеличиваются, и возможность их освоения в орошении песков проявляется из-за слабого капиллярного подъема грунтовых вод в связи с высокой порозностью рыхлых отложений.

На Терско-Кумских песках подземные воды находятся во всех стратиграфических горизонтах, из которых более доступные – в четвертичных и верхнеплиоценовых, а в меньшей степени – в глубоко залегающих отложениях среднего и нижнего миоцена (Шербуль, 2008).

Грунтовые (безнапорные) воды междуречья характеризуются значительным пластово-поровым запасом реликтового происхождения в разных горизонтах отложений (делювиальные, аллювиальные, эоловые) с преобладанием делювия и глинистых песков, где пресные гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые (натриевые) воды залегают с южной части водоносного бассейна с изменением химического состава (Мамаев, 2018).

Терско-Кумские пески, занимающие обширную территорию Западного Прикаспия, служат полигоном пастбищного животноводства, а в земледелии региона освоена лишь незначительная часть (около 9%) наиболее гумусированных (1.1-2.0%) разностей почв, приуроченных к речным террасам Терека, Куры и Кумы (Абумуслимов и др., 2013).

В этом междуречье более века тому назад фитомелиорация утвердилась как эффективный способ восстановления деградированных угодий. Однако в комплексе с гидромелиоративными

мероприятиями в аридной зоне эффективность орошаемых земель по сравнению с богарным способом эксплуатации возрастает на порядок (Сурхаев и др., 2015).

На рассматриваемой территории поверхностные воды практически отсутствуют, а коллекторные ответвления проложенного здесь в середине XX века Терско-Кумского канала вдоль северо-западной периферии песков охватывают ирригацией небольшую площадь песков, поэтому потенциальным источником гидромелиорации засушливой территории междуречья могут служить ресурсы подземных вод региона (Кулик, 1979).

Пески междуречья ввиду значительной пространственной изоляции от экологически опасных объектов промышленного и сельскохозяйственного производства хранят подземные воды высокого качества, о чем свидетельствуют данные водохозяйственной оценки артезианских и грунтовых вод изучаемых объектов (табл. 2).

По температурному критерию, грунтовые воды полигона классифицируются как теплые ввиду того, что их показатели (12-17°С) выше многолетней температуры воздуха местности (11.8°С), поэтому они пригодны для орошения культур. Однако по термоактивности они заметно уступают напорным артезианским водам (24-26°С) исследуемых объектов № 1 и 2 (рис. 1).

Таблица 2. Водохозяйственная оценка подземных вод объектов орошения.

Показатели	Единица измерения	Участки орошения АВ (артезианские воды)		Участок орошения ГВ (грунтовые воды)
		Объект № 1	Объект № 2	Объект № 3
Щелочность ($NaCO_3$)	г/л	0.09	0.12	0.33
Сухой остаток	мг/л	382.2	401.7	5789.3
Жесткость общая	мг-экв./л	2.65	3.41	7.81
Окисляемость (MrO_2)	мг/л	2.73	3.18	4.81

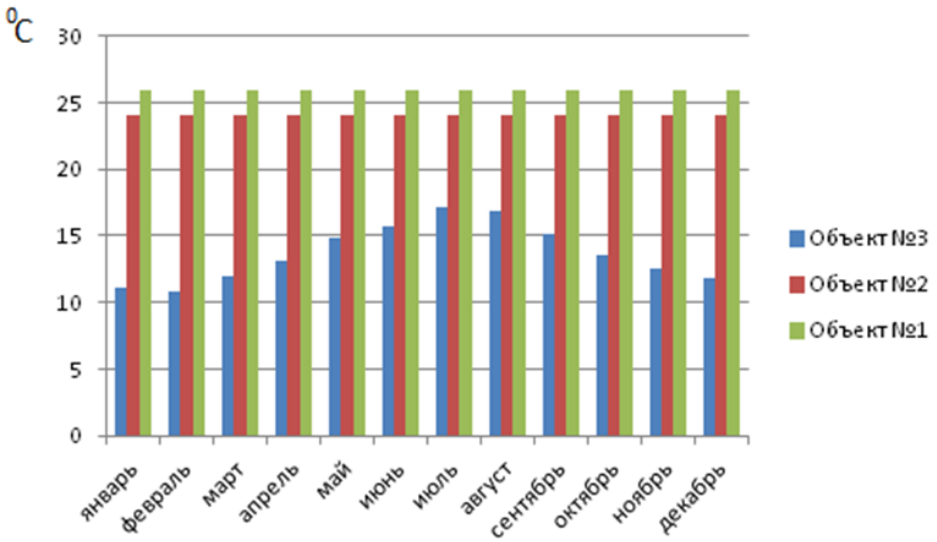


Рис. 1. Термодинамика подземных вод исследуемых объектов.

Многолетний опыт их освоения Ачикулакской НИЛОС на научно-экспериментальных объектах оазисной ирригации (питомник размножения и участок интродукции хозяйственно-ценных древесных и кустарниковых культур) продолжается и в настоящее время. На Бажиганских песках в 1972 году первый опыт полива люцерны грунтовыми водами различной минерализации (3.5, 5.5 и 12.5 г/л), показал, что урожайность ее фитомассы на 38-87% выше по сравнению с контролем богарного выращивания культуры (Петров, 1977). Экспериментальные работы с использованием

солоноватых грунтовых вод в выращивании древесных и травянистых культур нашли продолжение на опытно-производственном объекте НИЛОС в начале 1990-х годов. Опыт с грунтовыми водами оказался относительно непродолжительным – с 1992 по 1994 гг. Но все же он позволил оценить их ирригационный потенциал в выращивании древесных и агрокультур методом импульсного дождевания. По результатам 3-летних наблюдений отмечен заметный рост в 2-4 раза продукционного потенциала поливных культур по сравнению с богарным вариантом их возделывания (табл. 3).

Таблица 3. Сравнительный продукционный потенциал культур в богарных и орошаемых условиях выращивания.

Название культуры	**Площадь, га**		**Урожайность, ц/га**		**Оросительная норма, м^3/га**
	1*	**2****	**1**	**2**	
Унаби обыкновенный (*Zizyphus jujuba* Mill.)	0.3	0.3	23.0	56.0	2500
Шиповник коричный (*Rosa cinnamomea* L.)	0.2	0.2	17.0	48.0	2500
Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.)	0.1	0.1	52.0	196.0	3500
Арбуз обыкновенный (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai)	2.0	2.0	63.0	167.0	4000
Дыня (*Cucumis melo* L.)	1.0	1.0	42.0	136.0	4000
Суданская трава (*Sorghum* × *drummondii* (Nees ex Steud.) Millsp. & Chase)	1.0	1.0	37.0	72.0	5000
Житняк сибирский (*Agropyron sibiricum* (Willd.) Beauv.)	0.5	0.5	28.0	51.0	5000

Примечания к таблице 3: 1* – богара, 2** – орошение.

Технология полива на полигоне размножения древесных растений осуществлялась дождевальной установкой ДДА-100 с забором воды из бетонной лотковой сети (600 м) и использованием напорных подземных вод, который по сравнению с богарными условиями позволил кратно увеличить продукционный потенциал питомника выращивания посадочного материала мелиорантов (табл. 4).

Использование подземных вод позволило развить опыт натурализации и размножения ряда хозяйственно-ценных субтропических культур (унаби, хурма, гранат, инжир) на песках междуречья. На участке выращивания унаби (рис. 2) количественные и качественные показатели выхода сеянцев с единицы (га) орошаемой площади по сравнению с богарными условиями оказались выше в 3-4 раза, а урожайность плодовой массы культуры на поливе возросла более, чем втрое (Сурхаев, 2006).

Резервы расширения орошаемых площадей в земледелии в основном связаны с использованием подземных водных ресурсов аридных территорий, т.к. с начала нынешнего столетия растущие темпы их участия позволили мелиорировать уже более 40% осваиваемых низкопродуктивных участков земель (Халимов, 2016; Murray, 2014). Терско-Кумские пески располагают значительным потенциалом пресных подземных вод, которые сейчас из сотен самоизливающихся артезианских скважин, пробуренных для водообеспечения пастбищного животноводства, заболачивают часть угодий вокруг них вместо потенциальной оазисной ирригации. В предлагаемой модели автономно орошаемого пастбищного участка артезианскими водами ключевыми этапами является подбор угодья с благоприятными почвенно-грунтовыми условиями, песков и возведение резервуара-накопителя подземной воды, а ирригационный потенциал сооружения (площадь орошения) рассчитывается

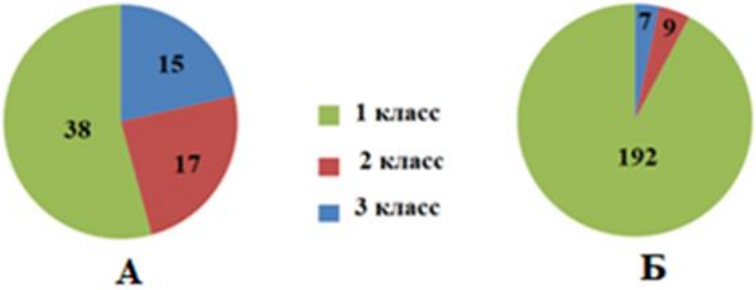
по годовому стоку скважины.

Таблица 4. Ассортимент и продукционный потенциал древесных культур в богарных и орошаемых условиях размножения.

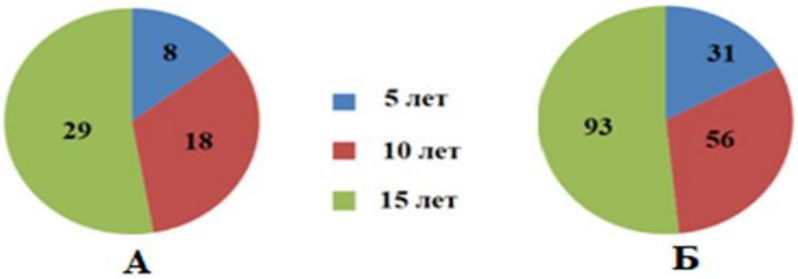
Культура	Площадь, га	Производство сеянцев, саженцев, тыс. шт./год	Выход посадочного материала, тыс. шт./га	
			богара	орошение
Робиния псевдоакация (*Robinia pseudoacacia* L.)	1.2	280.0	50.0	240.0
Вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.)	0.7	210.0	40.0	290.0
Тополь гибридный-краснонервный (*Populus nigra x P. Simoni* L.)	0.4	80.0	60.0	180.0
Тополь пирамидальный. (*Populus nigra var. italic* Münchh.)	0.3	60.0	60.0	190.0
Осокорь (*Populus nigra* L.)	0.4	70.0	50.0	170.0
Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)	0.2	40.0	65.0	200.0
Абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca* L.)	0.2	50.0	55.0	250.0
Лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia* L.)	0.3	75.0	85.0	240.0
Тамарикс ветвистый (*Tamarix ramosissima* Ledeb.)	0.2	60.0	90.0	300.0
Джузгун безлистный (*Calligonum aphyllum* L.)	1.1	320.0	95.0	300.0
Терескен серый. (*Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst.)	1.7	530.0	90.0	320.0
Смородина золотистая (*Ribes aureum* Pursh)	0.4	120.0	100.0	290.0
Гледичия трехколючковая (*Gleditsia triacanthos* L.)	0.3	75.0	70.0	220.0
Щелковица черная (*Morus nigra* L.)	0.2	60.0	60.0	280.0
Скумпия кожевенная. (*Cotinus coggygria* Scop.)	0.3	40.0	40.0	130.0
Унаби обыкновенный (*Zizyphus jujuba* Mill.)	0.2	50.0	50.0	240.0
Юкка нитчатая (*Yucca filamentosa* L.)	0.05	4.0	25.0	110.0
Всего	**8.1**	**2124**	–	–

В целях оптимизации оросительной сети и противодефляционной защиты объекта мелиорации по периметру водоема необходимо возведение двухрядной лесной полосы, а вокруг пастбища – однорядного защитного лесного насаждения. Магистральные водоводы укладываются параллельными линиями через 50-60 м, на которых через равные промежутки устанавливаются спринклеры кругового дождевого полива. Эффективный уровень эксплуатации осваиваемых земель обеспечивается созданием загонной системы эксплуатации, где допустимая нагрузка выпаса скота зависит от площади и урожайности травостоя угодий. Объекты производственной и социальной инфраструктуры должны иметь экранированную защиту плотной двухрядной лесной полосы и

резервуара-накопителя артезианской воды в целях оптимизации орошения пастбищ. В свою очередь модель оазисной ирригации пастбищ грунтовыми слабо- и среднеминерализованными водами предусматривает использование установок гибридной генерации возобновляемой энергии солнца и ветра для стационарных дождевателей, устанавливаемых на скважинах.



1) Количественный и качественный выход сеянцев с единицы площади, тыс. шт. /га.



2) Урожайность плантационной культуры унаби, ц./га.

Рис. 2. Сравнительный анализ потенциала производства посадочного материала и плодовой массы культуры унаби в опыте богарного (А) и оазисного орошения (Б) песков.

Выводы

Терско-Кумские пески – обширная аридная территория, которая на протяжении столетий служит кормовой базой для ведения пастбищного животноводства на юге России. Здесь в последние десятилетия негативные климатические и антропогенные факторы привели к резкому увеличению деградации выпасных угодий. В борьбе с ней, как показывает мировой опыт, в аридных районах высокую эффективность имеет создание культурных пастбищ с использованием подземных вод для орошения. Их потенциал в исследуемом регионе весьма значителен, о чем свидетельствует не иссекающийся за более чем полвека эксплуатации дебит тысяч самоизливающихся артезианских скважин на территории Западного Прикаспия.

Из всего стока пресной скважинной воды практически осваивается лишь незначительная его часть (до 1-3%), применяемая для водоснабжения пастбищного животноводства, а основной льющийся поток хозяйственно-ценных пресных вод пока лишь заболачивает участки прилегающих к ним пастбищных земель. Сейчас, когда во всем мире наблюдается заметный спад поверхностных и подземных водных ресурсов, недопустим такой нерачительный подход к использованию ценнейшего ресурса минерального сырья подземных вод аридной территории.

Предлагаемые модели оазисного орошения пастбищ артезианскими и грунтовыми водами обосновывают возможность эффективного освоения ресурсов подземных вод Терско-Кумских песков в оазисной гидромелиорации деградированных аридных пастбищ региона в целях их трансформации в экологически устойчивые кормовые угодья с высоким продукционным потенциалом фитоценозов.

*Финансировани*е. Работа выполнена в рамках госзадания № 0713-2019-0002 «Разработать научные основы, новые методы, модели и технологии эффективного лесомелиоративного освоения и многоцелевого использования низкопродуктивных и деградированных земель засушливой зоны Российской Федерации».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абумуслимов А.А., Банкурова Р.У., Алахвердиев Ф.Д. 2013. Особенности геоморфологии Терско-Кумской низменности // Вестник академии наук Чеченской республики. № 1 (18). С. 72-76.

Залибеков З.Г., Мамаев С.А., Биарсланов А.Б., Магомедов Р.А., Асгерова Д.Б., Галимова У.М. 2019. Об использовании пресных подземных вод засушливых регионов мира в борьбе с опустыниванием земель // Аридные экосистемы. Т. 25. № 2 (79). С. 3-12. [*Zalibekov Z.G., Mamaev S.A., Biarslanov A.B., Magomedov R.A., Asgerova D.B., Galimova U.M.* 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.]

Зекцер И.С., Потапова Е.Ю., Четверикова А.В. 2012. Перспективы искусственного восполнения подземных вод юга Европейской части России // Водные ресурсы. Т. 39. № 6. С. 624-638.

Климентов П.П., Кононов В.М. 1998. Методика гидрологических исследований. 2-е изд., перераб. и доп. М: Высшая школа. С. 448.

Кондаков В.М., Газалиев И.М., Курбанова Л.М., Ибаев Ж.Г. 2019. Геологические аспекты формировании макро- и микрокомпонентного состава подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна в пределах Дагестана // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. № 4 (78). С. 5-20.

Кулик Н.Ф. 1979. Водный режим песков аридной зоны. Л.: Гидрометеоиздат. 280 с.

Мазиров М.А., Шеин Н.В., Корчагин А.А., Шушкевич Н.И., Дембовецкий А.В. 2012. Полевые исследования свойств почв. Владимир: ВлГУ. 72 с.

Мамаев С.А. 2018. Гидрогеолого-математическая модель формирования и управления ресурсами и качеством пресных подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. № 2 (73). С. 62-67.

Петров В.И. 1977. Опыт использования подземных вод для орошения на Бажиганских песках // Бюллетень научно-технической информации ВНИАЛМИ. № 1 (23). С. 65-67.

Петров В.И., Кулик А.К., Власенко М.В. 2018. Природный потенциал песчаных земель Терско-Кумского междуречья // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. № 1 (69). С. 6-11.

Савин Е.З., Березина Т.В. 2014. Методические рекомендации изучения плодово-ягодных культур // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 16. № 5 (5). С. 82.

Сурхаев Г.А. 2006. Интродукция и перспективы унаби, хурмы и миндаля в лесомелиорации Западного Прикаспия. Автореферат … канд. с/х наук. Волгоград. С. 22.

Сурхаев Г.А., Сивцева С.Н., Вдовенко А.В. 2015. Мониторинговая оценка состояния Кизлярских пастбищ и эффективные методы их мелиорации // Вестник АПК Ставрополья. № 4 (20). С. 258-262.

Сурхаев Г.А., Сурхаев Г.А., Кулик К.Н., Стародубцева Г.П. 2019. Опыт лесомелиорации экосистем песчаных массивов Терско-Кумского междуречья // Экосистемы: экология и динамика. Т. 3. № 4. С. 5-23.

Халимов Д.П. 2016. Международный опыт использования искусственного пополнения запасов подземных вод // Вестник КРСУ. Т. 16. № 9. С. 142-146.

Шербуль З.З. 2008. Гидрогеологические особенности и геоэкологические последствия многолетней эксплуатации Северо-Дагестанскогоартезианского бассейна. Автореф. дис. … канд. г.-м. наук. Махачкала: ДНЦ РАН. 23 с.

Murray R. 2014. Lessons Learned from Aquifer Storage and Recovery (ASR) Systems in the United States // Journal of Water Resource and Protection. No. 6. P. 1603-1629.