

УДК 556

DOI: 10.22162/2500-4328-2020-7-108-123

Геоэкологические проблемы искусственных водоемов Калмыкии

The Geo-ecological Problems of the Artificial Water Bodies of
Kalmykia

Светлана Сергеевна Уланова (Svetlana S. Ulanova)¹

¹ кандидат географических наук, заведующий отделом экологических исследований, Институт комплексных исследований аридных территорий (д. 111, ул. Хомутникова, 358005 Элиста, Российская Федерация)

Cand. Sc. (Geography), the Chair of the Department of Ecological Research, Institute for Comprehensive Studies of Arid Territories (111, Chomutnikov St., Elista 358005, Russian Federation)

ORCID: 0000-0002-0491-7313. E-mail: svetaulanova@yandex.ru

Аннотация. *Целью работы является исследование геоэкологических проблем, возникающих в ходе длительного периода эксплуатации водохранилищ Калмыкии. Материал и методы.* В качестве материалов исследования послужили данные, полученные во время полевых и экспедиционных работ 2015–2019 гг. Исследования выполнялись с использованием картографических, маршрутных и стационарных, геоботанических методов в сочетании с лабораторным анализом образцов почв и вод, а также с использованием методов дистанционного зондирования Земли. *Результаты и выводы.* Результаты долговременного мониторинга водохранилищ Калмыкии показали, что основными геоэкологическими проблемами водоемов республики являются обмеление, увеличение минерализации, загрязнение вод биогенными и токсичными веществами, снижение биоразнообразия почв и растительности экотонной зоны водоемов.

Ключевые слова: водохранилища, Калмыкия, загрязнение, обмеление, минерализация, фосфорная нагрузка

Для цитирования: Уланова С. С. Геоэкологические проблемы искусственных водоемов Калмыкии. Полевые исследования. 2020; (Вып. 7): 108–123. DOI: 10.22162/2500-4328-2020-7-108-123

Abstract. *Goal.* The goal of the article is to analyze the geo-ecological problems that arise amid the extended period of operation of reservoirs in Kalmykia. *Materials and Methods.* The materials of the research include the data obtained during field and expedition works of 2015 – 2019. The analysis was made with the use of cartographic, fixed-route and stationary, geo-botanical methods combined with laboratory analysis of the samples of soil and water and also using the method of remote sensing of the Earth. *Results and conclusion.* The results of long-term monitoring of the reservoirs of Kalmykia pointed out that the main geo-ecological problems of the water bodies of the republic are shallowing, salt content increase, water pollution by biogenic and toxic elements, reduction in the biodiversity of the soil and vegetation of the ecotonic zones of the water bodies.

Keywords: reservoirs, Kalmykia, pollution, shallowing, salination, phosphorous load

For citation: Ulanova S. S. The Geo-ecological Problems of the Artificial Water Bodies of Kalmykia. *Field Researches.* 2020; (Vol. 7): 108–123. DOI: 10.22162/2500-4328-2020-7-108-123

Введение

Специфические условия формирования поверхностных вод Калмыкии определяются высокой аридностью климата, особенностями рельефа и засоленными почвами. Практически все водоемы Калмыкии в настоящее время являются солеными и сильно солеными, их среднеголетние значения колеблются от 1,7 до 10,5 г/л. Водное хозяйство республики в условиях острого дефицита воды функционирует за счет подачи воды с сопредельных территорий. Основное назначение водохранилищ Калмыкии — сезонное и многолетнее регулирование поверхностного стока для целей водоснабжения, орошения, а также в качестве приемников сбросных вод с орошаемых массивов.

Исследование геоэкологических проблем, возникающих в ходе функционирования водохранилищ Калмыкии и экотонных систем «вода-суша» на их побережьях, необходимо в связи с изучением

процессов, выявлением компонентного состава и межкомпонентных связей природно-территориальных комплексов, формирующихся в зоне взаимодействия «вода-суша», а также определение совокупности показателей, характеризующих последствия антропогенных изменений геосистем за длительный период эксплуатации водоемов.

Материал и методы исследования

Объекты исследований — водохранилища, созданные в 50–60 х гг. прошлого века, в границах степной зоны: водохранилище Аршань-Зельмень, созданное на Ергенинской возвышенности, Чограйское водохранилище — в Кумо-Маньчской впадине, и водохранилища Цаган-Нур, Деед-Хулсун образованные, в Сарпинской ложбине Прикаспийской низменности.

Полевые исследования с отбором проб поверхностных и грунтовых вод проводились с использованием собственной методики [Уланова 2009], апробированной нами ранее, в весенние и осенние периоды с 2012 г. по 2019 г. Пробы отбирались на разных участках водохранилищ, как правило в центральной части, вблизи выклинивания подпора и в приплотинной части. Во время полевых исследований 2019 г. отобрано 52 образца воды для исследования минерализации, выполнено 94 геоботанических описания фитоценозов экотонной зоны, отобрано 87 растительных укосов для определения биологической продуктивности экотонов. Анализ проб на химизм и минерализацию вод водоемов и грунтовых вод побережий был выполнен в Калмыцком филиале ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии им. А. Н. Костякова в соответствии со стандартом ГОСТ 26449.1-85: катионно-анионный состав — титриметрическим методом, определение сухого остатка — гравиметрическим, определение рН — потенциометрическим.

Комплексное исследование водоемов и прилегающей к нему территории включало заложение топозэкологического профиля от береговой линии до зональной растительности. Методологическая основа проведения полевых работ — экотонная концепция «вода-суша» В. С. Залетаева, согласно которой вокруг водоемов выделяются блоки-пояса растительности, формирующиеся под различ-

ным влиянием водного объекта в зависимости от его удаленности. Структурно-функциональная организация блоков экотонных водоемов состоит из 6 основных блоков: аквальный — акватория, с глубинами более 1,5–2,5 м (лишенная макрофитов); амфибиальный — литтораль, с периодическим обсыханием в период сработки вод водоемов, флуктуационный — ежегодно заливаемый участок побережья; динамический — заливаемый не ежегодно, в годы максимального половодья; дистантный — не заливаемая территория, но испытывающая воздействие неглубоко (до 3–5 м) залегающих грунтовых вод, и маргинальный — воздействие водоема передается через микроклимат предыдущих блоков (переходный к зональному) [Залетаев 1997: 11]. В пределах каждого блока отбирались грунтовые воды на минерализацию, отмечалась глубина их залегания, отбирались почвенные пробы, выполнялось стандартное геоботаническое описание и отбор растительных укосов на биологическую продуктивность.

Результаты исследования и их анализ

Чограйское водохранилище было создано в 1969 г. в долине реки Восточный Маныч, для побережий которой характерны засоленные отложения морского происхождения. Протяженность реки Восточный Маныч составляет около 141 км. Площадь ее бассейна насчитывает 12 500 км². Питание в основном снеговое. Водные ресурсы Чограйского водохранилища слагаются из вод местного поверхностного стока с водосборной площади 13 600 км², водосборов балок Голубь, Чограй, Рагули, площадью 4 500 км². Средняя минерализация вод местного стока составляет 5 г/л. Приточность воды в водохранилище из этих источников составляет примерно 26 млн м³ в год при обеспеченности 75 %. Однако основное питание Чограйского водохранилища — это привлеченный сток, из рек Терек и Кума. Он поступает по Терско-Манычскому каналу. Минерализация ее в многолетнем разрезе изменяется в пределах от 1,0 до 1,4 г/л при довольно благоприятном химическом составе — сульфатно-натриево-кальциевом. Подача воды в год по Кумо-Манычскому каналу в Чограйское водохранилище составляет 536,9 млн м³. При нормальном подпорном уровне (далее—

НПУ) (22,4 м) водохранилище простирается с запада на восток на 48,8 км, наибольшая ширина у плотины составляет 8,8 км. Водоем создан для питьевого водоснабжения и орошения [Уланова 2010: 96].

По данным космической съемки искусственного спутника земли (далее ИСЗ) («Landsat-8», камера ETM+), Чограйское водохранилище составило на 26.03.2019 г. 68,18 км², а на 02.09.2019 г. уже 36,11 км². При этом площадь водохранилища в год ввода в эксплуатацию (1969–70 гг.) составляла 193,4 км².

Зона выклинивания подпора высохла полностью, вода отошла от берега в центральной части более чем на 200 м по сравнению с урезом 2018 г., обнажив дно с остатками двустворчатых моллюсков. В приплотинной части Чограя вода значительно отошла от тела плотины.

Сравнительный анализ минерализации приплотинных вод (далее— ПВ) приплотинной зоны Чограйского водохранилища в весенние периоды (май) с 2015 г. по 2019 г. показал неуклонное увеличение минерализации: 1,47 г/л (2015 г.), 1,7 г/л (2016 г.), 1,9 г/л (2017 г.), 2,2 г/л (2018 г.) (рис. 1). В 2019 г. в мае вода у плотины еще была, но отобрать ее оказалось невозможным в связи с трудностью передвижения — проваливание в грунт.

Минерализация грунтовых вод за период весенний наблюдений с 2015 г. по 2019 г. меняется незначительно: в первой скважине — 4,49 г/л (2015 г.); 3,37 г/л (2016 г.); 3,39 г/л (2017 г.); 2,93 г/л (2018 г.), 3,34 г/л (2019 г.). Сходная ситуация на всех остальных скважинах. По мере удаления от уреза воды засоление повышается значительно, в среднем в 6–7 раз: 3,34 г/л (1 скв.) — 2,69 г/л (2 скв.) — 24,52 г/л (3 скв.). Такая тенденция прослеживается для всех скважин во все годы наблюдений. Данный факт подтверждает питание грунтовых вод из водоема, а не наоборот. Анализ результатов данных осенних наблюдений (с 2015 г. по 2019 г.) показал сходную картину: засоление поверхностных вод увеличилось в 4 раза по сравнению с 2015 г.: 1,6 г/л (2015 г.), 1,67 г/л (2016 г.), 2,47 г/л (2017 г.), 6,9 г/л (2018 г.).

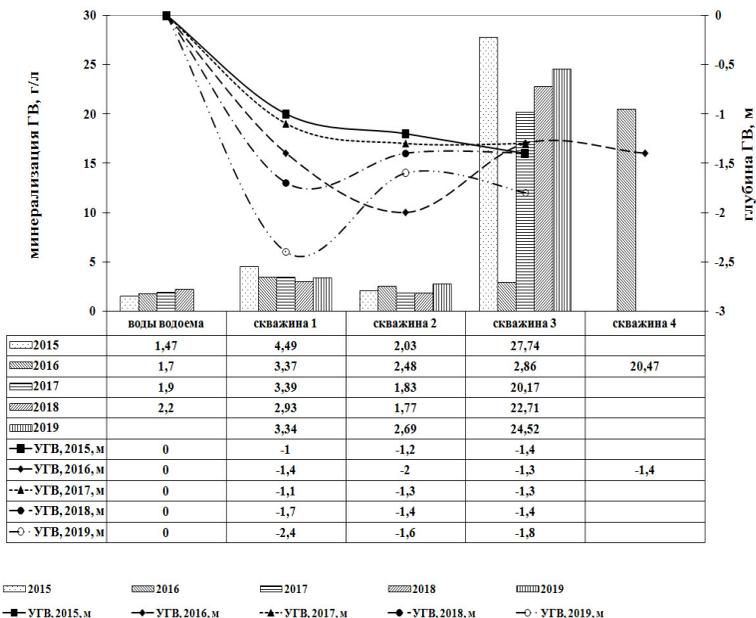


Рис. 1. Изменение минерализации поверхностных и грунтовых вод в приплотинной части Чограйского водохранилища в периоды весенних наблюдений в 2015–2019 г.

В 2019 г. в октябре воды у плотины не было, грунтовые воды также не были отобраны в связи с образованием плывунов.

В центральной части Чограйского водохранилища минерализация в 2019 г. составила: в мае — 2,25 г/л, в сентябре — 1,71 г/л. Грунтовые воды в среднем за все годы наблюдений увеличивают свою минерализацию по мере удаления от линии уреза: 28,64 г/л (1 скв.); 38,36 г/л (2 скв.). Сравнительный анализ грунтовых вод в весенние периоды изучаемого периода показал увеличение их минерализации с течением времени: например, в 3 скважине — 34,02 г/л (2016 г.), 15,38 г/л (2017 г.), 36,29 г/л (2018 г.), 38,36 г/л (2019 г.) (рис. 2).

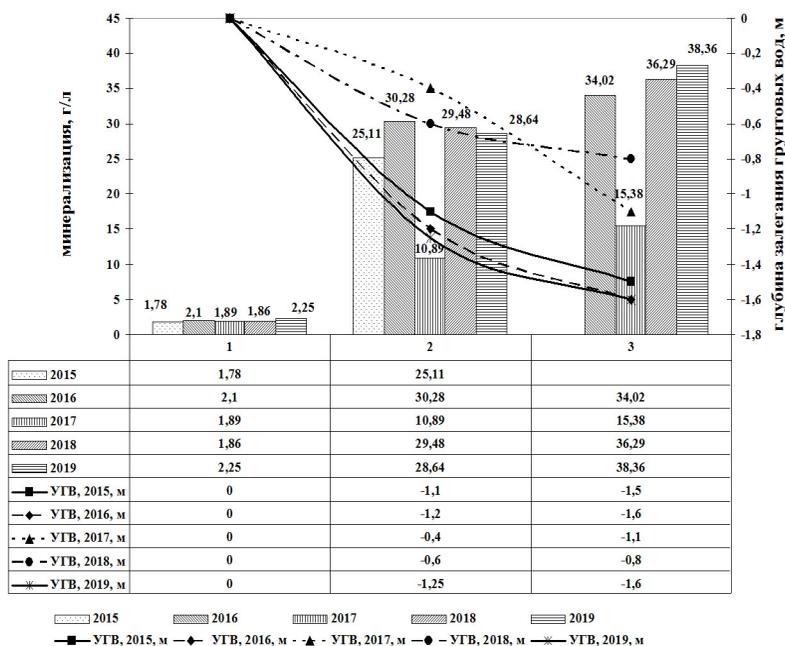


Рис. 2. Изменение минерализации поверхностных и грунтовых вод в центральной части Чограйского водохранилища в периоды весенних наблюдений в 2015–2019 г.

В осенние периоды для всех лет наблюдений характерно увеличение засоления грунтовых вод и их заглубление по сравнению с весенними показателями.

Водоохранилище Цаган-Нур относится к водоемам Прикаспийской низменности и является самым крупным в цепи озер, располагающихся в южной части Сарпинской депрессии, оставленной древним руслом Волги. Ложе его вытянуто с севера на юго-восток на 45 км при ширине от 0,7 км до 1,5 км. Средняя глубина 1,15 м. Емкость 90,0 млн м³ при нормально подпертом горизонте (далее — НПП), площадь зеркала 61,5 км². Однако параметры водоема сильно изменчивы, так как основной источник его питания — вода из реки Волги, поступающая по каналу ВР-1. До начала искусственного регулирования режима водоемов Сарпинской низ-

менности питание озера Цаган-Нур ограничивалось весенними талыми водами, стекающими с восточного склона возвышенности Ергени, и атмосферными осадками. В 1960–70-х гг. с вводом в эксплуатацию Сарпинской оросительно-обводнительной системы (далее — СООС) водоем стал приемником сбросных вод с орошаемых массивов. В последние годы площади орошаемых земель сокращаются, снижается поступление сбросных вод, но также снижается и поступление воды из Волги. Минерализация воды в этом водоеме колеблется год от года (от 7 г/л до 12 г/л) и по сезонам, в зависимости поступления воды из Волги, количества осадков, а также объема, минерализации и времени поступления дренажно-сбросных вод [Уланова 2010: 78].

Изучение современного экологического состояния водохранилища Цаган-Нур проводили на трех ключевых участках: в зоне выклинивания подпора (в верхней части водоема), в центральной части и у плотины (ниже по течению). Данные с ИСЗ «Landsat-8» от 26.03.2019 г. показали, что водная поверхность практически высохла, площадь водного объекта составила 1,7 км². В августе стали подавать воду на водохранилище, выделили субсидию в размере 10 млн руб. К осени площадь водоема составила 8,6 км². Экотонная территория испытывает сильнейшую степень стравливания, пасется КРС и МРС. Из-за того, что водоем высох, произошло заглубление грунтовых вод и сплошные тамариковые заросли высотой до 3 м произраставшие ранее на первой террасе, полностью пересохли. Водоохранилище Цаган-Нур очень сильно обмелело, в связи с этим его минерализация значительно увеличилась. С 2014 г. его засоление выросло в 8,5 раз (рис. 3). Воды водоема в приплотинной части в весенние периоды изменялись от 12,4 г/л (2014 г.); 22,1 г/л (2015 г.), 70,24 г/л (2018 г.) до 107,73 г/л (2019 г.). Грунтовые воды с 2014 г. год от года увеличивали свою минерализацию: скв. 1— 11,2 г/л (2014 г.); 12,6 г/л (2015 г.), 16,27 г/л (2017 г.), 29,64 г/л (2019 г.). Однако, по мере удаления от уреза воды, во все годы наблюдений они уменьшали свою минерализацию: в 2019 г. 1 скв. — 29,64 г/л, 2 скв. — 20,03 г/л, 3 скв. — 19,29 г/л, 4 скв. — 18,93 г/л, 5 скв. — 17,4 г/л, 6 скв. — 14,96 г/л.

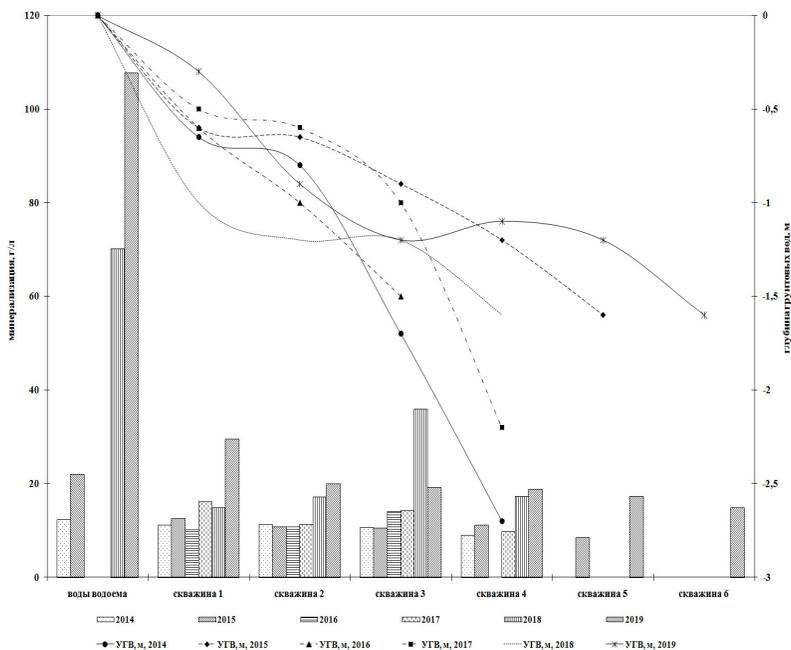


Рис. 3. Изменение минерализации поверхностных и грунтовых вод в приплотинной части водохранилища Цаган-Нур в периоды весенних наблюдений в 2015–2019 г.

В периоды осенних наблюдений пробы отобрать удалось только в 2015 г. и 2016 г., так как уже с 2017 г. эта часть водоема высохла. Однако указанные закономерности для грунтовых вод в весенние периоды также сохранились и осенью: минерализация их во всех скважинах увеличилась к 2019 г.; по мере удаления от уреза воды засоление грунтовых вод во все периоды наблюдений уменьшалось.

Водоохранилище Деед-Хулсун расположено в Даванском ландшафтном районе Приергенинско-Сарпинско-Даванской подобласти Прикаспийской области. Водоохранилище было создано в 1970–80 гг. в устье реки Яшкуль (площадь водосбора 1 938 км²), берущей начало с возвышенности Ергени. Ранее здесь был небольшой лиман, наполнявшийся атмосферными осадками и пересыха-

ющий в летнее время, однако после создания в 1960 г. Черноземельской обводнительно-оросительной системы (далее — ЧООС) и строительства земляной плотины водоем стал питаться не только водами реки Яшкуль, но и дренажно-сбросными водами, поступающими из ЧООС по каналу УС-3 с орошаемых полей. В 2003 г. минерализация водоема составляла 2,07 г/л у плотины и 7,73 г/л в его хвостовой части. Тип засоления вод — натриево-сульфатно-хлоридный. Вода из водоема по распределительному каналу, выходящему из плотины, используется на лиманное орошение. На побережье водоема имеются две функционирующие животноводческие стоянки, где разводят крупный и мелкий рогатый скот, воды водоема используются для водопоя скота. В последние годы на базе водоема проводится рыбозаведение. Поэтому режим водоема претерпел некоторые изменения. Анализ данных дистанционного зондирования с 1975 г. по 2004 г. показывает, что максимальное наполнение водоема наблюдалось в 1988 г., площадь его составила 17,21 км², минимальное наполнение и площадь — 6,54 км² отмечены в 1999 г. [Уланова 2010: 84]. По состоянию на 26.03.2019 г. водохранилище Деед-Хулсун, благодаря сбросам чограйской воды, не уменьшило свою площадь и составила 12,22 км². Анализ минерализации с 2015 г. по 2019 г. поверхностных вод водоема Деед-Хулсун в его приплотинной части показал, что в среднем его минерализация в весенний период составляет 11,77 г/л (рис. 4). В мае 2019 года засоление грунтовых вод составило 18,14 г/л в 1 скв., 19,61 г/л во 2 скв. По мере удаления уреза воды засоление грунтовых вод увеличивается. Не во все годы удается отобрать пробы грунтовых вод в связи с образованием плывунов.

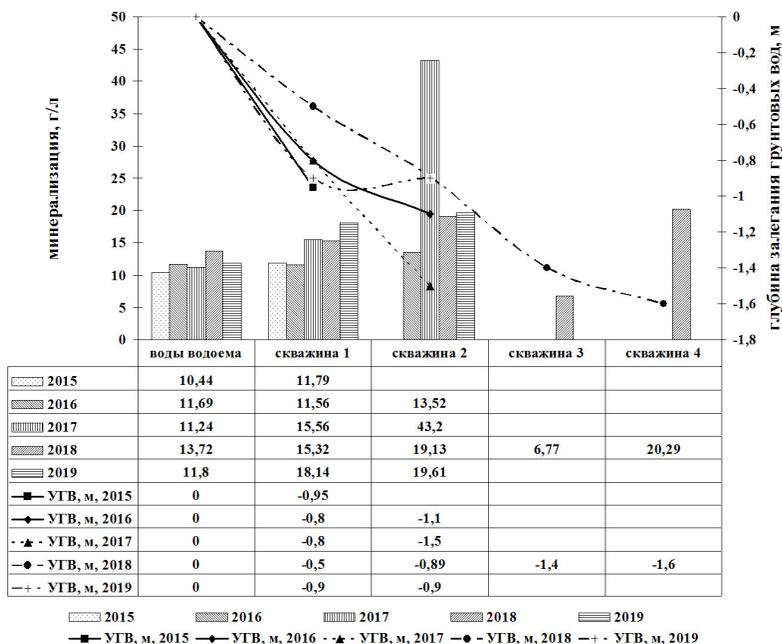


Рис. 4. Изменение минерализации поверхностных и грунтовых вод в приплотинной части водохранилища Деед-Хулсун в периоды весенних наблюдений в 2015–2019 г.

В осенний период 2019 г. засоление этой части увеличилось в два раза и составило 23,6 г/л. Это максимальное значение за все года наблюдений, начиная с 2001 г. Такое значительное увеличение минерализации связано ухудшением качества воды, подаваемой с Чограя. Грунтовые воды в 2019 г. также увеличили свою минерализацию в 2 раза: 27,81 г/л (1 скв.), 21,15 г/л (2 скв.), 31,48 г/л (3 скв.) (рис. 5).

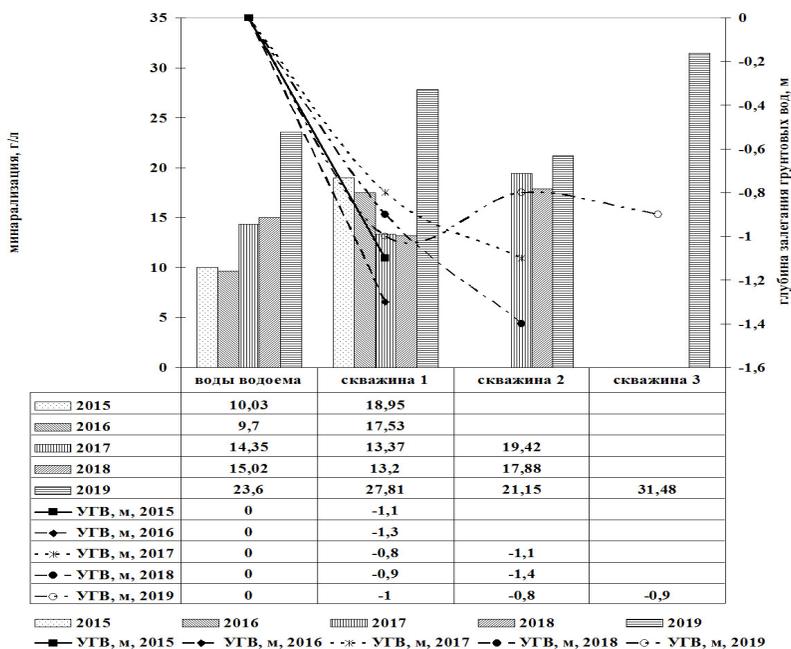


Рис. 5. Изменение минерализации поверхностных и грунтовых вод в приплотинной части водохранилища Деед-Хулсун в периоды осенних наблюдений в 2015–2019 г.

В зоне выклинивания подпора минерализация поверхностных вод в мае 2019 г. составила 12,96 г/л. В среднем в этой части водоема, по данным многолетнего мониторинга, засоление в весенний период составляет 11,67 г/л. По мере удаления от уреза засоление грунтовых вод увеличивается. Осенние наблюдения за этой частью водохранилища показали, что в сентябре 2019 г. засоление составило 11,39 г/л. В среднем минерализация воды в зоне выклинивания подпора составляет 12,16 г/л, что несколько больше показателей приплотинной части. За все годы наблюдений грунтовую воду удавалось отобрать только в первой скважине, находящейся в 7 метрах от уреза воды, во второй скважине (на расстоянии 15 м) удалось отобрать пробу воды только в 2018 г. В остальные годы из-за образования пльвуна пробы отобрать не получалось.

Водохранилище Аршань-Зельмень — балочный водоем, типичный для восточного склона Ергенинской возвышенности. Питается за счет атмосферных осадков и грунтовых вод. В привершинной части он принимает два притока реки Аршань-Зельмень, начинающихся из родников. Водоем являлся источником воды для регулярного орошения. Полный объем водохранилища 29,4 млн м³, полезный 26,6 млн м³, площадь зеркала при НПУ 7,4 км², высота плотины 1,4 м [Уланова 2010: 67]. Водохранилище имеет отличный от выше рассмотренных водохранилищ режим питания. Существует не на привлеченном стоке, а за счет питания из водотоков, расположенных на его водосборной территории, за счет родников, расположенных в зоне выклинивания подпора. И оно в большей мере, чем все остальные, зависимо от режима выпадения атмосферных осадков (рис. 6). Площадь водохранилища Аршань-Зельмень по данным с ИСЗ «Landsat-8» на 26.04.2019 г. составила 4,79 км²; на 02.09.2019 г. (ИСЗ «Landsat-8», камера ETM+) — 2,85 км².

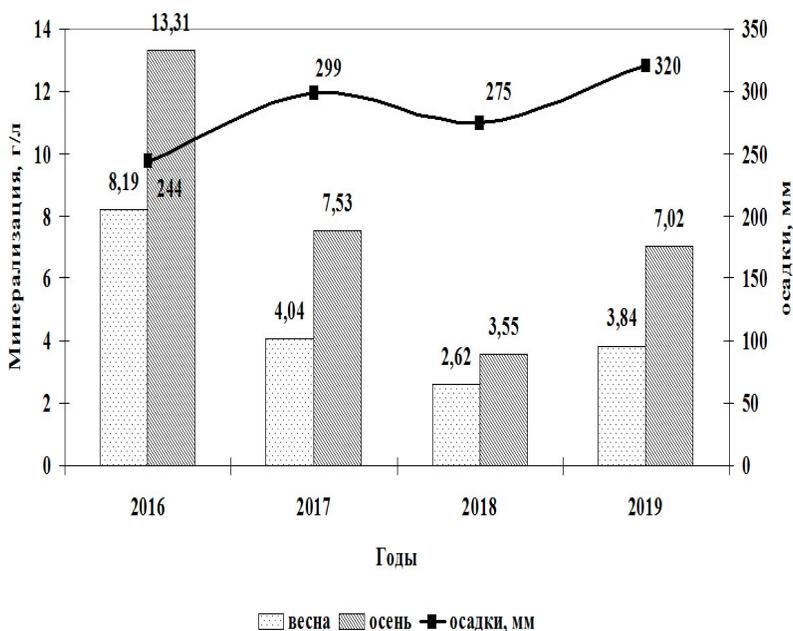


Рис. 6. Сравнительный анализ изменения минерализации водохранилища Аршань-Зельмень с 2016 г. по 2019 г. и среднегодовых данных по осадкам

Говоря о геоэкологических проблемах водохранилищ Калмыкии, нельзя не сказать о проблеме загрязнения вод токсичными и биогенными веществами. В 2013 г. и 2015 г. нами были проанализированы 22 пробы воды из основных водоемов по 70 химическим веществам. Полученные данные позволили оценить экологическое состояние изученных водоемов на основании рассчитанных значений Показателя химического загрязнения (ПХЗ-10). Оказалось, что вода водоемов Чограй и Красинское во всех пробах соответствует категории «неудовлетворительная», а водоемов Аршань-Зельмень, Цаган-Нур и Деед-Хулсун — «чрезвычайно опасная». Практически во всех пробах обнаружены превышающие предельно допустимые концентрации (далее — ПДКр) концентрации фосфора, серы, магния, марганца и меди. Несмотря на это, все без исключения искусственные водоемы используются и для водопоя скота, и для любительского рыболовства, и для рекреации. Красинское водохранилище, кроме того, служит источником питьевого водоснабжения г. Лагань [Уланова, Новикова 2017: 20].

Для изучения загрязнения воды биогенными веществами в 2017 г. мы провели исследования по влиянию животноводства на качество вод поверхностных водоемов Калмыкии. Наши расчеты подтверждают предположение, что именно животноводство (водопой скота и стоки от животноводческих стоянок), развивающееся на водосборе, в отсутствие других загрязнителей является основной причиной того, что содержание фосфора во всех искусственных водоемах превышает ПДКр в десятки тысяч раз. Наибольший вклад в общий объем поступающего фосфора (80 %) дает крупный рогатый скот. Нагрузки по фосфору превышают допустимые и критические значения для функционирования водной экосистемы на один – три порядка, создают условия для эвтрофикации и делают воды этих водохранилищ непригодными для питьевого водоснабжения, в том числе и для водопоя скота. Выполненные расчеты показали, что поступление фосфора от животноводческих стоянок в искусственные водоемы Калмыкии составляет 1–2 тыс. т в год, а в пересчете на единицу площади водной поверхности — от 20 г/м² до 700 г/м². Из-за различий в размерах водоемов нагрузка на единицу площади водного зеркала у них существенно отличается: на самом крупном водохранилище Чограй (19,5 г/м²), она

оказывается наименьшей, а на водохранилище Аршань-Зельмень, при меньшей общей нагрузке скотом, но и существенно меньшем размере водного зеркала, — наибольшей (726,5 г/м²). На всех рассмотренных основных искусственных водоемах рассчитанная нагрузка по фосфору превышает допустимую и критическую в сотни и тысячи раз. Наиболее высокая нагрузка приходится на водоем Аршань-Зельмень, где превышение составило соответственно 3 359 и 1 679 раз. Наименьшие нагрузки по фосфору характерны для водохранилища Чограй. Здесь реальная рассчитанная нагрузка превышает допустимую в 108 раз, а критическую — в 54 раза [Уланова, Новикова 2019: 636].

Заключение

Результаты долговременного мониторинга показывают, что основными геоэкологическими проблемами водохранилищ Калмыкии являются следующие: обмеление, повышение минерализации, загрязнение токсичными и биогенными веществами, снижение биоразнообразия почв и растительности экотонной зоны водоемов.

Выполненные исследования за полевой период 2019 г. показали ухудшение экологического состояния многих водных объектов: обмеление крупных водохранилищ на севере республики (Цаган-Нур) и на юге (Чограй); повышение их минерализации в 2 раза (Чограй) до 8,5–10 раз (Цаган-Нур). Увеличение минерализации и глубины залегания грунтовых вод в экотонной зоне привело к усыханию и гибели видов *Tamarix laxa*, *T. ramosissima* в динамическом блоке на Чограйском водохранилище, во втором поясе дистантного блока на побережьях водохранилища Цаган-Нур. Эти же факторы привели к полному исчезновению фитоценозов на некоторых ключах: в центральной части левого побережья водохранилища Чограйского во флуктуационном блоке ранее произрастали тростниковые и тамариксово-тростниковые сообщества, сейчас это полоса осушки, лишенная растительности. В зоне выклинивания подпора водохранилища Цаган-Нур ранее в 2012–2015 гг. были обширные тростниковые плавни и тамариковые сообщества, сейчас это полоса, практически без растений, с редкими и угнетенными экземплярами *Spirobassia hirsuta*. Водоохранилище Деед-Хулсун, зависимое от водоподачи с Чограя, к осени 2019 г. впервые увеличило

свою среднемноголетнюю минерализацию более, чем в два раза (23,6 г/л).

Исследования качества поверхностных вод показали, что в водохранилища Чограй, Цаган-Нур, Аршань-Зельмень поступает в год ≥ 2 тыс. т фосфора, и только на водохранилище Деед-Хулсун — менее 1 тыс. т. Эти показатели обусловлены высокой общей численностью поголовья скота, содержащегося на водосборе этих водоемов, и его структурой, в которой высока численность крупного рогатого скота, дающего наибольший вклад в поступление фосфора. Исключение представляет водоем Деед-Хулсун, где поступление фосфора от крупного рогатого скота примерно равно поступлению от овец и коз, из-за того что их поголовье существенно выше. В отсутствие других загрязнителей можно считать доказанным, что именно животноводство является основным поставщиком фосфора в искусственные водоемы Калмыкии и причиной того, что содержание фосфора во всех искусственных водоемах превышает ПДКр в десятки тысяч раз. Нагрузки по фосфору создают условия для эвтрофикации водоемов и делают воды этих водохранилищ непригодными для питьевого водоснабжения, в том числе и для водопоя скота.

Литература

- Залетаев 1997 — *Залетаев В. С.* Структурная организация экотонов в контексте управления // Экотоны в биосфере. М.: РАСХН, 1997. С. 11–30.
- Уланова 2009 — *Уланова С. С.* Методика комплексной геоэкологической оценки искусственных водоемов и прилегающих территорий: методическое пособие. Элиста: Ин-т комплексных исслед. аридных территорий, 2009. 53 с.
- Уланова, Новикова 2017 — *Уланова С. С., Новикова Н. М.* Экологическое состояние искусственных водоемов Калмыкии, оцененное по показателю химического загрязнения ПХЗ-10 // *Вода: химия и экология*. 2017. № 4. С. 10–21.
- Уланова, Новикова 2019 — *Уланова С. С., Новикова Н. М.* Поступление фосфора в искусственные водоемы Калмыкии от животноводческих предприятий // *Водные ресурсы*. 2019. № 6. С. 629–637.
- Уланова 2010 — *Уланова С. С.* Эколого-географическая оценка искусственных водоемов Калмыкии и экотонных систем «вода-суша» на их побережьях / отв. ред. Н. М. Новикова; Ин-т водных проблем; ИКИ-АТ. М.: РАСХН, 2010. 263 с.