

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ Р. УРАЛ, ЕГО ПРОБЛЕМЫ И ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Д.В. Магрицкий¹, Л.Е. Ефимова¹, А.В. Гончаров¹, А.Ж. Кенжебаева²

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, Москва

²МНК «Астана», Казахстан, Нур-Султан

e-mail: magdima@yandex.ru

Нижнее течение р. Урал полностью расположено в пределах Республики Казахстан. Его гидроэкологическое состояние зависит от величины, режима и химического состава речных вод, поступающих с территории Оренбургской области, и от местных природных и антропогенных факторов. О современной ситуации с состоянием нижнего Урала, влиянием на него местной хозяйственной деятельности и др. мало что известно. Весной и летом 2019 г. в низовьях Урала были осуществлены комплексные экспедиционные исследования и позднее – детальный анализ сложившегося здесь водохозяйственного комплекса, его проблем и гидроэкологических последствий его функционирования. Установлена структура современного водохозяйственного комплекса, сложившегося в Западно-Казахстанской и Атырауской областях Казахстана на базе использования вод Урала, определены его параметры, объемы и режим водопользования (для 1980-х гг. и настоящего времени), характер влияния на водные ресурсы реки и качество воды, идентифицированы основные проблемы. Подготовлен каталог всех водопользователей по длине реки, начиная от г. Уральска, создана ГИС гидрографической сети, постов и водопользователей нижнего Урала. Установлено, что в настоящее время объемы безвозвратного водопотребления составляют ~0,80-0,95 км³/год, тогда как в 1980-е годы они достигали 1,56 км³, или 15 % поступавшего с территории РСФСР стока. Главным потребителем была огромная Урало-Кушумская ООС (0,81 км³/год) с наибольшими заборами с апреля по июль. Тем не менее, водного дефицита нет, даже в маловодные годы. Нехватку достаточных расходов воды испытывает природный пойменно-руслевой комплекс, особенно во время половодья, из-за уменьшения размеров и частоты затопления поймы и нерестилищ, плохой «санитарной промывки» русла. Обозначены главные проблемы в водохозяйственном комплексе Атырауской обл. Часть из них связана с низким качеством речных вод, главным образом из-за их загрязнения в средней части бассейна. В пределах казахстанского участка реки сбросов сточных вод в реку практически нет. Воды нижнего Урала характеризуются как «очень загрязненные» и «загрязненные», по классификации Росгидромета. По итогам полевых работ в 2019 г. биоиндикаторы выявили мезотрофно-эвтрофный уровень развития фитопланктона и высокие показатели его видового разнообразия, плохое развитие зоопланктона и зообентоса и средний уровень сапробности, что характерно при экологическом неблагополучии и умеренно загрязненных водах.

Ключевые слова: река, канал, насосная станция, сток, водопользование, качество воды, биоиндикаторы.

Введение

Река Урал – третья по протяженности водная артерия Европы. Ее бассейн имеет площадь 237 тыс. км² (по другим данным, 231 тыс. км²), а вместе с бессточными территориями Урало-Эмбинского междуречья ~380-400 тыс. км² [1, 2]. Бассейн занимает территорию двух государств – Российской Федерации (верхняя и средняя части бассейна) и Республики Казахстан, расположен в лесостепной, степной и полупустынной природных зонах (равнинная часть бассейна) и в присущей для горных областей зоне высотной

поясности, в регионе с крайне неравномерным распределением водных объектов и ресурсов как по территории, так и во времени. Эта неравномерность формирует их серьезный дефицит для региональной экономики и населения. В бассейне р. Урал живет и работает ~3,95 млн чел. [3], расположены крупные промышленные центры, такие как Магнитогорск, Новотроицк, Орск, Оренбург, Уральск, Атырау и Актобе. Здесь много предприятий обрабатывающей и добывающей промышленности, теплоэлектростанций, развитое сельское хозяйство. Причем нагрузка на водные ресурсы реки постоянно увеличивается по мере роста численности населения и развития производства. Кроме того, пересматриваются критерии экологически минимального (или допустимого) стока реки в сторону его увеличения [4]. Тогда как неблагоприятные и климатически обусловленные изменения стока Урала с 2006-2008 гг. [5], сезонное регулирование стока водохранилищами, начиная с 1955 г., и масштабное водопотребление [1, 3, 6-11], по всей видимости, не позволяют в настоящем и будущем удовлетворять все потребности в воде субъектов водохозяйственного комплекса, водных и околородных экосистем.

Особенно это ощущается в нижнем течении Урала – на территории Казахстана. Его отличительная черта – это бесприточный участок, начиная от г. Уральска, в окружении сухих степей и полупустынь Прикаспия, тогда как водохозяйственная нагрузка на сток и качество речных вод здесь велики из-за отсутствия других крупных пресноводных источников. Но часть изменений водного и гидрохимического режима «приходит сверху» – с российской территории бассейна [3, 5, 10, 12-14]. В числе главных последствий интегрального антропогенного воздействия – недавнее общее уменьшение стока воды р. Урал, снижение максимальных расходов и уровней воды в половодье со второй половины XX в., площади, глубины и продолжительности затопления поймы и нерестилищ, мутности воды, а также загрязнение и цветение воды, зимние заморы рыбы и т.п. Они порой воспринимаются как результат избыточной и непродуманной хозяйственной деятельности в российском секторе бассейна [13]. При этом фактор естественных климатических изменений, собственная хозяйственная деятельность мало кем рассматриваются.

В последнее время на роль региональных климатических изменений в нарушении сложившегося гидрологического режима Урала и его притоков тоже стали обращать внимание [3, 5, 15, 16,]. Тем не менее, о местном антропогенном влиянии на гидроэкологическое состояние низовьев, особенно в современный период, известно немного по причине отсутствия надежных данных. В 2019 г., при поддержке правительства Атырауской обл. и МНК «Астана», авторами были выполнены гидрометрические и водно-экологические полевые работы на всем протяжении нижнего Урала и проведено обследование состояния его водохозяйственной системы. Вместе с новыми данными стационарных гидрологических наблюдений и гидрохимического мониторинга, материалами по водопользованию и др. это позволило впервые получить достоверное представление о современном водном хозяйстве в нижнем течении Урала, его реальных проблемах и воздействиях.

Материалы и методы

Основным источником данных при проведении исследовательской работы стали итоги двух экспедиций в Уральской и Атырауской областях Республики Казахстан – от г. Уральска до Каспийского моря, в марте и июле 2019 г. Программу полевых работ составили:

- измерения расходов воды в р. Урал и отводящих от него часть речной воды (на орошение и водоснабжение) каналах. Всего было измерено 16 расходов воды с использованием акустического доплеровского профилографа течений (Teledyne RD Instruments RioGrande WorkHorse 600 kHz) и гидрометрической вертушки ИСП-1, а в совсем малых водотоках и со слабым течением – поплавками;

- измерение гидрофизических показателей – температуры, электропроводности и оптической мутности воды в 6 пунктах весной и 23 пунктах летом электрокондуктометром МАРК-603 и турбидиметром НАСН 2100Р. Весовая мутность в отобранных пробах определялась стандартными методами;

- отбор в 6 и 7 пунктах и консервация проб воды (объемом от 30 мл до 1,5 л), их последующий гидрохимический анализ. В лабораториях МГУ (г. Москва) и Атырауского филиала РГП «Казгидромета» стандартными методами определены основной солевой состав, минерализация, биогенные элементы (минеральная и органическая формы фосфора, кремний, аммонийный и нитратный азот), органические вещества (ХПК) и тяжелые металлы (железо, алюминий, марганец, медь, никель, хром и кадмий);

- отбор в 3 и 6 пунктах гидробиологических проб (на фито- и зоопланктон, зообентос), консервация их 4 % формалином, их последующее определение. Определение численности и видового состава в 30 образцах производилось на биологическом и географическом факультетах МГУ имени М.В. Ломоносова. Водоросли подсчитывали в камере Нажотта; биомассу определяли по средним размерам клеток каждого вида в пробе. Подсчет и определение зоопланктона проводили под бинокулярным микроскопом в камере Богорова;

- изучение и описание реальных водохозяйственных условий, включавшее и регистрацию точного местоположения, типа, текущего состояния и технических характеристик объектов водохозяйственного комплекса, связанных с нижним Уралом, таких как каналы с самотечной подачей речной воды и насосные станции, осмотр объектов системы водоподачи и водоотведения в населенных пунктах (прежде всего, водонапорных башен, водозаборных и водоочистных станций, каналов, водоводов, колодцев и т.п.), опрос местного населения по проблемам коммунально-бытового и сельскохозяйственного водоснабжения, установление и картирование объектов водохозяйственной системы и, в целом, населенных пунктов, находящихся в зоне размыва берегов.

Другим важным источником сведений о водохозяйственной отрасли в низовьях Урала и ее показателях стали: «Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Урал» России и Казахстана (в форме опубликованных в 2010-2013 и 2007 гг. в 6 томах отчетах), ежегодные данные по водопользованию и качеству воды из специальных справочников, таких как «Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество» за 2008-2009, 2011, 2013-2016 гг., «Государственный доклад о состоянии окружающей среды Оренбургской области» с 2012 г., «Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов РК» с 1998 по 2018 г., Ежегодники качества поверхностных вод РФ за 2000, 2004-2017 гг., «Обзор качества поверхностных вод на территории РК» за 2011 и 2012 гг., «Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды» за 2016-2019 гг. и др.

Третий источник данных – социально-экономические показатели развития районов (так называемые «паспорта»), данные и генеральные планы по отдельным населенным пунктам Атырауской области (по численности населения, источникам водозабора, степени централизации водоснабжения, наличию колонок, водонапорных башен, о радиационном фоне и минерализации питьевой воды, и др.) за 2012-2019 гг. Объединение этих данных с собранными во время экспедиций 2019 г. материалами и спутниковыми снимками (систем Landsat, Sentinel 2A и Sentinel 2B) позволило получить такие же сведения для неизученных участков нижнего Урала.

Материалы второго и третьего блоков в значительной мере помогли составить представление о структуре, временных аспектах работы и географии водохозяйственного комплекса, связанного с нижним Уралом, о его многолетнем гидрохимическом режиме (см. раздел «Водохозяйственный комплекс»).

Четвертый источник данных – разнообразные и редкие материалы от Жайык-Каспийской бассейновой инспекции по регулированию использования и охране водных ресурсов, Атырауского филиала РГП «Казводхоз», Акимата Атырауской обл., Департамента

экологии по Западно-Казахстанской и Атырауской обл., Атырауского филиала ТОО «КазНИИРХ» и др. организаций.

Пятый блок данных содержит многочисленные сведения из открытых источников, в частности из научных публикаций и монографий, из СМИ, об актуальных или возникавших ранее проблемах водопользования в населенных пунктах Атырауской и Западно-Казахстанской областях, главным образом с начала XXI в. и по настоящие годы.

Аккумуляированные данные позволили, помимо электронной базы данных, создать полноценную и многослойную ГИС нижнего Урала – источник первых в своем роде тематических карт, часть которых приводится в настоящей статье.

Одной из главных задач исследования была количественная оценка современного использования речных вод в рассматриваемом регионе. Поскольку по ЗКО удалось получить более-менее надежные данные по текущему водопотреблению и русловому водному балансу между гидрологическими постами, расчет производился, главным образом, для Атырауской обл., на участке протяженностью около 365 км, для которого не было ни надежных данных стационарных наблюдений за стоком, ни сведений по водохозяйственной активности. Расчет выполнялся нарастающим итогом от одного водопотребителя (i) к следующему по формуле:

$$W_l = \sum_{i \in l}^{i=1..N} W_{АИ,i} + \sum_{i \in l}^{i=1..N} W_{ИО,i} + \sum_{i \in l}^{i=1..N} W_{НМ,i}, \quad (1)$$

где $W_{АИ,i}$, $W_{ИО,i}$, $W_{НМ,i}$ – объемы забранной воды в апреле-июне, июле-октябре и ноябре-марте (тыс. м³) соответственно, W_l – суммарный объем водозабора на участке от 365-го км (от моря) до l -го км. Учитывался забор воды каналами, насосными станциями сельских населенных пунктов, садоводческими товариществами, водозаборами города и промышленных предприятий Атырау. Для последнего, а также хозяйственно-питьевого водоснабжения сельских поселений принималось, что городской и промышленный суточный водозабор примерно одинаковый в течение года:

$$W_{АИ,i} = 91P, \quad W_{ИО,i} = 123P, \quad W_{НМ,i} = 151P, \quad (2)$$

где P – суточная мощность водозабора (м³/сут.) исходя из проектных его характеристик с коррекцией на реальный водозабор в последние годы и, в частности, в 2019 г. Кроме того, для сельских поселений, имеющих летний водовод, дополнительно суммировались объемы технической воды, забираемой для полива участков и водопоя скота в это время года:

$$W_{АИ,i}(\text{ЛВ}) = (0,2 \times n_a + 0,6 \times n_n + 1,1 \times n_n) \times k, \quad (3)$$

$$W_{ИО,i}(\text{ЛВ}) = (1,2 \times n_n + 0,7 \times n_a + 0,2 \times n_c) \times k, \quad (4)$$

где n с разным индексом – количество дней в месяце, k – число подворий в населенном пункте. Забор воды каналами оценивался только для вегетационного сезона. Привлекались данные измерений расходов воды в июле 2019 г. и размер пропускной способности каналов. Максимальным забор воды в каналы, с учетом данных учета за 1981-1985 гг. [17], был в июне. За ним следуют май и июль, следующие – август, апрель и сентябрь, октябрь. Именно их отношения между собой определили коэффициенты перехода от измеренных в июле расходов воды и максимально возможном пропускном расходе воды. Были выполнены 2 расчета: для среднего варианта водопользования (на примере 2019 г.) и максимального (с учетом максимальной подачи воды в г. Атырау, увеличенного забора воды каналами (примерно в 2 раза в сравнении с 2019 г.), добавления данных по НС небольших сельхозпредприятий (очень приблизительно) и не больше утвержденных лимитов водопользования, определенных для Атырауской обл. и р. Урал для периода 2016-2025 гг. приказом № 367 от 19 августа 2016 г.

Для оценки степени загрязненности речных вод по состоянию биоценозов нами использован широко известный метод Ф. Вудивисса [18]. Индекс Вудивисса зависит от видового разнообразия и состава донных обитателей. Он оценивается по 10 балльной шкале, которая хорошо коррелируется с 6 балльной шкалой классов качества воды, принятой в Росгидромете. Для оценки экологического состояния водных объектов определяли также видовой состав, численность и биомассу фито- и зоопланктона. Степень эвтрофирования оценивали по биомассе фитопланктона, основываясь на трофической классификации озер [19]. Также анализ состояния (загрязнения) водных объектов охарактеризован с помощью метода сапробности. Индексы сапробности указывают на степень загрязнения водоема органическим веществом и продуктами его разложения. Сапробность определялась методом Пантле и Бука в модификации Сладечека [20], индексы сапробности – по [21]. Вместе с тем нужно отметить, что методам биологического анализа присуща неопределенность, связанная с тем, что ответные реакции живых организмов обусловлены не только антропогенными воздействиями, но и природными факторами, отделить которые непросто. Водные биоценозы очень изменчивы в пространстве и времени и требуют неоднократных исследований.

Результаты и их обсуждение

Морфологические и гидрологические особенности нижнего течения Урала (или Жайыка). В низовьях Урала от г. Уральска (в 185 км ниже от границы Казахстана с Россией) река поворачивает на юг, имеет равнинный характер, течет преимущественно по Прикаспийской низменности (почти 950 км) и впадает у г. Атырау в Каспийское море на высоте – 28 м БС. Участок не имеет боковой приточности, и река теряет часть своих вод на испарение, питание грунтовых вод, обводнение староречий и сухих степей, а также из-за интенсивного забора воды [2, 22]. Общая длина казахстанского участка р. Урала, по новым оценкам, ~1135 км.

Нижний Урал прокладывает себе путь в песчано-глинистых морских и аллювиальных речных отложениях. Постепенное понижение уровня Каспия, а также солянокупольные поднятия привели к врезанию русла реки, последовательному образованию террас, строительству и последующему отмиранию нескольких дельт. Всего таких древних дельт пять – Кушумская эрозионно-аккумулятивная (самая древняя, связана с отступанием раннехвалынского моря, т.е. свыше 40 тыс. л.н.), Мергеневская, Багардайская аккумулятивная (>10 тыс. л.н.), Кызылджарская, Новобагатинская, или Аксайская (начиная с 7-5 тыс. л.н.), – не считая современной дельты [23]. Реликтами древних дельт являются протоки и сухоречья (это прежние дельтовые рукава), часть которых преобразована человеком в каналы. Самый большой из таких древних дельтовых рукавов Кушум отделяется от Урала вправо, после впадения в него последних полноценных притоков – рр. Деркул и Барбастау – и выше поста Кушум (848-й км). Сейчас он часть обширной и сложной обводнительной и оросительной системы. Ниже по течению отделяются вправо Багырдай (у с. Лебедок), Аксай, Нарынка (у п. Карманово), Баксай (у п. Яманхалинки) и др.

Кроме древних дельт хорошо идентифицируются границы речной долины, террасы и пойма [2, 11, 24,]. До п. Чапаево ширина долины 25-40 км, число террас – 3. Верхняя терраса расположена на высоте от 10-12 до 25-30 м над меженным уровнем в реке. Средняя терраса от предыдущей отделена высоким уступом. В исключительно высокие половодья по ее понижениям речные воды заходят далеко вглубь окружающих ее степных пространств. Далее на юг долина реки сужается до 10-15 км. Ниже с. Атамбаева (228-й км) правобережные террасы малозаметны; от русла немного «отступает» левый коренной берег долины. Пойма (или пойменная терраса) хорошо выражена на всем протяжении. Она двухсторонняя, шириной от 1,5 до 7 км и более, ниже с. Атамбаева она заметно расширяется. Пойма возвышается над рекой на 1-6 м, имеет неровную поверхность,

изрезанную протоками, старицами, гривами и грядами. Бровку поймы занимают береговые валы шириной 8-10 м и высотой до 2-3 м. Берега представлены высокими обрывами и песчаными отмелями. Их высота изменяется от 5-8 м на верхнем отрезке участка до 1 м вблизи от моря. В местах приближения к руслу уступов террас или коренных склонов высота берегов достигает 10-20 м.

Русло нижнего Урала очень извилистое с хорошо выраженными меандрами. Ниже п. Тайпак (431-й км), извилистость заметно уменьшается. Еще меньше она, начиная от с. Алмалы (с 80-го км). Ширина меженного русла в среднем диапазоне 100-250 м, глубины относительно небольшие – от 2-6 м на плесах до 1,2-0,5 м на перекатах. Русло и берега подвержены активным переформированиям, хорошо заметным при сравнении разновременных карт и спутниковых снимков.

При впадении в Северный Каспий р. Урал образует современную дельту площадью $\sim 300 \text{ км}^2$ и длиной $\sim 32 \text{ км}$. Здесь она разделяется на рук. Золотой (его продолжение в море – это Урало-Каспийский канал) и рук. Яицкий с долей стока в июле 2019 г. соответственно 63,7 и 36,3 % (при $Q_{\text{Урал}} = 98 \text{ м}^3/\text{с}$). Размеры и строение дельты меняются вслед за повышением/понижением среднего уровня моря [23]. Пойма и дельта Урала относятся к районам с интразональными типами растительности: ивовыми и тополевыми лесами, кустарником, тростником, луговыми сообществами и др. Их экологическая ценность велика [11, 12, 25].

Нижнее течение р. Урала отличает хорошо выраженное весеннее половодье, довольно низкая летне-осенняя межень с распластанными и мало заметными дождевыми паводками, устойчивая и низкая зимняя межень. По сути, оно имеет черты казахстанского типа водного режима. Весеннее половодье длится в среднем с начала апреля до середины – второй половины июля [2, 22, 26]. На его подъеме и пике река превращается в мощный поток, разливающийся на многие километры и активно размывающий берега и русло. На долю весеннего стока приходится 81-83 % годового стока реки [2, 5]. В зарегулированных и новых климатических условиях, начиная с 1978 г., сток половодья уменьшился на 12 %, максимальные расходы воды на посту Кушум снизились с 3650 (1913-1957 гг.) до 1440 $\text{м}^3/\text{с}$ (1978-2018 гг.), тогда как сток летне-осенней и зимней межени соответственно увеличился. Подъем уровней воды и опасность наводнений во время половодья уменьшились, в том числе по причине защиты берегов дамбами. Антропогенные и климатические факторы благоприятно повлияли на параметры современной летне-осенней межени и летнее водоснабжение. Они увеличили объем стока в июле-ноябре в 1,4-1,6 раза, его долю в годовом стоке (с 12 до 18-20 %). Минимальные расходы воды выросли в среднем с 80-90 до 95-120 $\text{м}^3/\text{с}$. Тем не менее, годы с дефицитом меженного стока и «цветущей водой» бывают (например 2015 г.). Сама межень стала более продолжительной (на 14-17 сут.). Средний годовой сток р. Урал у г. Оренбург 3,1 км^3 (в 1978-2018 гг.), у с. Кушум (Казахстан) – 9,3 км^3 , на выходе в море – около 7,5 км^3 . Тогда как в естественных условиях формирования и транзита стока он мог бы быть больше примерно на 2 км^3 . Многолетние колебания годового стока Урала отличает огромная (среди больших рек) межгодовая изменчивость: водность многоводных и маловодных лет различалась в 9-9,5 раз, в зарегулированных условиях она уменьшилась до 8-9 раз. Сток наносов $\sim 2,4\text{-}3 \text{ млн т/год}$. Замерзает нижний Урал во второй половине ноября, правда не всегда или не на всем протяжении; вскрывается в конце марта – начале апреля. Ледоход непродолжительный, может и отсутствовать.

Водохозяйственный комплекс. Согласно собранным материалам и их анализу, главными субъектами *водохозяйственного комплекса Западно-Казахстанской обл.* (ЗКО), использующими воды нижнего Урала ниже г. Уральска, являются водное хозяйство самого города Уральск и граничащих с ним поселений, а также Кушумский канал огромной Урало-Кушумской ООС. Он отделяется от нижнего Урала вправо на 920-м км (вблизи п. Круглоозерное) и имеет дополнительную подпитку вблизи аула Кушум на 860-м км. Помимо речной воды в бассейне и долине Урала имеет место использование подземных вод

с утвержденными запасами 59,4 млн м³/год. Это месторождения Серебряковское, Уральское, Кулшык и Январцевское.

Население и предприятия г. Уральска, как следует из перечисленных в разделе «*Материалы и методы*» источников, безвозвратно используют 0,011 км³ воды в год. Она забирается насосной станцией (НС) Уральской ТЭЦ (на 960-м км), проходит водоподготовку с освобождением от наносов и органики, подается в магистральные водоводы и далее по распределительным сетям поступает к потребителям. Сточные воды г. Уральска сбрасываются в серию накопителей и биологических прудов, а также на «рельеф местности» (с 2015 г. от этого постепенно уходят). Фактический расход сточных вод, поступающих на механическую очистку, составляет 27,3 тыс. м³/сут.; вода из прудов может быть использована повторно. В р. Урал использованные воды не сбрасываются, но есть сброс речных взвесей со станции водоподготовки (в 200 м ниже а/д моста), которые были уловлены фильтрами, и сброс условно-чистых вод в Солдатскую старицу с охладительной системы Уральской ТЭЦ.

Урало-Кушумская ООС образована на месте древней Кушумской дельты и ее бывших рукавов (рис. 1). Первые идеи о создании подобной мелиоративной системы, в которой протока Кушум играла бы роль магистрального канала, датируются 1880-ми годами. К ним возвращались в 1914-1916 гг. и в 1930-х гг. с амбициозными планами орошения 705 тыс. га [27]. В конце концов Кушумский канал пропускной способностью 125 м³/с был построен в 1940 г., а в проектном режиме функционирует с середины 1950-х гг. Урало-Кушумская ООС полностью введена в эксплуатацию в 1974 г. Система самотечная. Задача Кушумского канала снабжать водой разветвленную сеть каналов общей длиной 1232 км, ~100-110 тыс. га орошаемых земель и 2177 тыс. га пастбищ, Кировское, Битикское, Донгелекское и Пятимарское водохранилища, р. Большой Узень, население и предприятия 5 районов. Она решает и экологические задачи, обводняя степные водоемы. Пика водопользования Кушумская ООС достигла в 1980-х гг. [22]. График водоподдачи в Кушумский канал совпадает с гидрографом р. Урал: основной водозабор производят во время половодья на реке. К настоящему времени отмечено значительное снижение забора речных вод и площадей реально обводняемых земель. Если в 1980-х гг. объемы изъятия достигали в среднем 822 млн м³/год, то с 2004 г. их оценивают от 533 млн м³/год (данные Казгидромета) до 400 млн м³/год (Казводхоз). Даже при таком сокращении столько безвозвратно речных вод не забирает ни один субъект водохозяйственного комплекса во всем бассейне Урала! Явное уменьшение забора воды отмечено во все месяцы года, пик сместился с мая на апрель. В результате, в границах ООС за 2000-2015 гг. произошло значительное ухудшение состояния почвенно-растительного покрова [28].

Лимитирующими факторами дальнейшего развития Урало-Кушумской ООС, помимо финансирования, служат, по мнению авторов, сомнения по поводу: 1) отрицательных последствий ее эксплуатации, в первую очередь для речного стока и обводнения пойменно-руслового комплекса низовьев Урала; 2) эффективности использования забранных вод из-за больших водопотерь в земляных и открытых руслах каналов на испарение и просачивание, на испарение с водохранилищ, из-за нарушения технологии орошения. Да и само обильное и не всегда продуманное орошение огромных по площади сельхозугодий в условиях засушливого климата и засоления почв вызывает вопросы, как и планы по будущему ООС и увеличения забора воды в канал, в том числе для межбассейновой переброски стока в р. Большой Узень. Цель последней – сокращение объемов закупаемой у РФ волжской воды (в объеме до 20 млн куб. м) и обводнение 130 тыс. га земель.

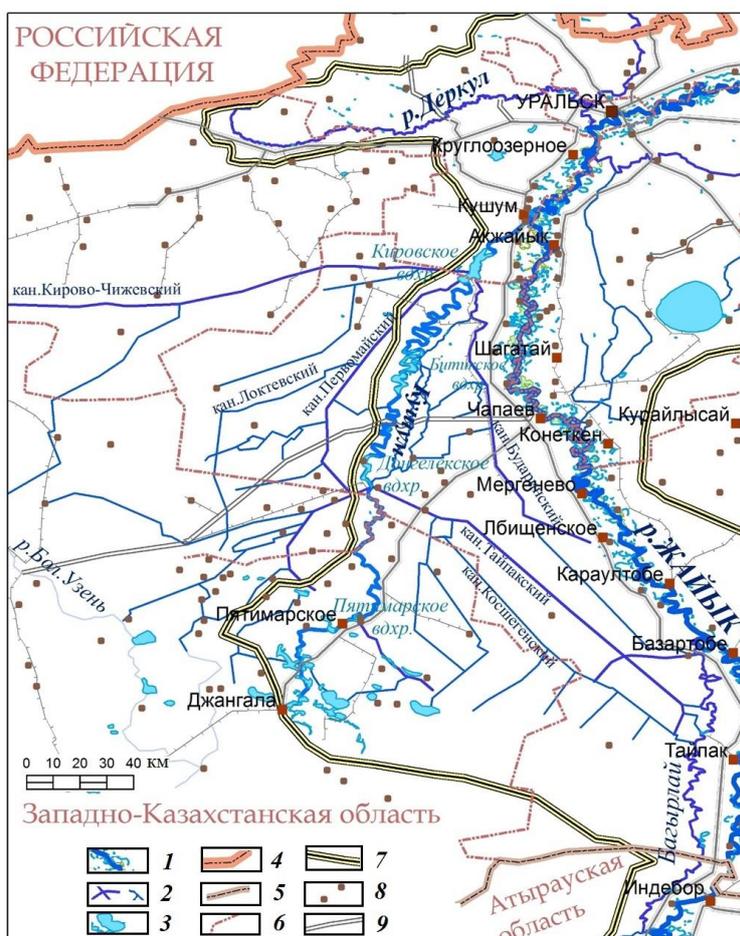


Рисунок 1 – Схема Урало-Кушумской ООС и части русла нижнего Урала в пределах Западно-Каспийской области

Примечание: 1 – река Урал и канал Кушум с пойменно-старичным комплексом, 2 – каналы и притоки, 3 – водоемы, 4 – государственная граница, 5 – граница между областями, 6 – граница между районами, 7 – границы бассейна р. Урал, определенные авторами, 8 – населенные пункты, 9 – транспортная инфраструктура

До границ с Атырауской обл. незначительный забор речных вод небольшими насосными станциями обнаружен еще в нескольких населенных пунктах ЗКО – Дарьинское (1002 км), Акжайык (831), Мерген (640) и Атамекен (515 км от моря).

В Атырауской области практически единственным источником пригодных (для хозяйственного и питьевого водоснабжения) пресноводных ресурсов служат реки, которых мало, и огромные по площади территории относятся к бессточным и пустынным. Это трансграничные река Урал (Жайык) и дельтовый рукав Кигач (Кигаши), реки Уил (Ойыл), Сагиз (Сагыз) и Эмба (Жем). На поверхностные водные объекты в 2008-2017 гг. приходилось 89 % суммарного водозабора в области, а в 2014-2017 гг. – все 99 % [29]. По объемам водопотребления лидируют промышленность и сельское хозяйство – соответственно 95 млн м³/год в 2008-2014 гг. и 81 млн м³/год (только на орошение). Водоемкая и крупная промышленность присутствует, главным образом, в г. Атырау и г. Кульсары, на южных и юго-восточных месторождениях нефти и газа. Обводняемые сельхозугодья тяготеют к долине р. Урал, приморской равнине, дельте р. Волги, долинам рек Уил, Сагиз и Эмба [25]. На третьем месте по объемам водопользования коммунальное хозяйство (30 млн м³), но по приоритету и территориальному распространению оно преобладает. В регионе, с одной стороны, создана сложная мелиоративная сеть, позволяющая распределять воды р. Урал на значительные расстояния и площадь, перебрасывать сток рукава Кигач на крайний юго-восток – почти на 1000 км. С другой, отсутствуют накопители и регуляторы стока – водохранилища, что серьезно ограничивает водопользование в течение года. Единственный

не лимитирующий период – 1-3 месяца половодья. Но во время него затраты на водоподготовку (из-за высокой мутности половодных вод) очень большие, а где-то использование таких вод попросту невозможно. Отдельным и особым водопользователем являются уникальные и ценные водные и околородные экосистемы – в дельтах рр. Волги и Урала, на пойменных лугах и нерестилищах, а также рыбохозяйственная отрасль, занимающаяся как разведением и выращиванием рыбы, так и ее выловом и переработкой. Роль водного транспорта минимальная. Особенность еще в том, что за современный период водохозяйственный комплекс Атырауской области сохранил основные показатели водопользования, за исключением орошаемого земледелия, в 5 раз сократившего объемы забора воды.

Главный субъект водохозяйственного комплекса на базе использования вод р. Урала – это водное хозяйство г. Атырау. Здесь основной забор воды (двумя мощными водозаборами – в 55 и 52 км от моря), производство (водоочистку на 5 станциях общей мощностью ~120 тыс. м³/сут.) и распределение хозяйственно-питьевой воды, а также прием от потребителей города, очистку и сброс сточных вод осуществляет КГП «Атырау Су Арнасы». Часть воды перебрасывается в п. Макат и населенные пункты по трассе магистрального водовода (протяженностью 380 км). Общий забор воды из реки на хозяйственно-питьевые цели равен ~25 млн м³/год (322 л/сут на 1 чел.), предполагаемый максимальный забор ~33 млн м³/год. Крупные промышленные предприятия имеют собственные водозаборы. Они расположены: у ТОО «Атырауский НПЗ» (АНПЗ) в 500 м выше протока Перетаска на левом берегу р. Урал, у АО «Атырауская ТЭЦ» (АТЭЦ) – из протоки Перетаска, у ТОО «Атырауполипропилен» – из подводящего канала АО «АТЭЦ».

Сточные воды левого берега (~60 тыс. м³/сут.) поступают на очистные сооружения ТОО «АНПЗ» и, не пройдя полный цикл очищения, – на поля испарения, или фильтрационные поля («Тухлую балку»). На правобережье также есть поля испарения – пруд-накопитель («Черная речка»). Но строятся новые очистные сооружения (мощностью 70 тыс. м³/сут) с глубокой очисткой сточных вод, что прекратит сброс неочищенных вод на рельеф. Хотя есть противоречивые сведения о том, что часть условно-очищенных сточных вод все же сбрасывается в р. Урал. И использованные воды Атырауской ТЭЦ поступают в канал и удаляются в направлении к морю по руслу бывшей дельтовой протоки Перетаска с возможным перетоком в Приморскую ООС. В ерик Мостовой, а затем в р. Урал ниже города, организованно сбрасываются дождевые воды, собранные спецтехникой на улицах, поступают стоки от домохозяйств и др. В 2015, 2016 и 2017 гг. объемы водоотведения составили 15,5, 18,0 и 18,4 млн м³/год. Из них на промышленные сбросы пришлось 30 %, хозяйственно-бытовые – 70 %.

Второй субъект в/х комплекса Атырауской области – это сельские поселения вдоль Урала, которых 42 и еще 9 садоводческих товарищества (рис. 2). В 2018 г. в них проживало ~117 тыс. населения, что на 22 тыс. больше чем в 2009 г. Для сравнения в г. Атырау в 2019 г. проживало 270 тыс. чел. Лишь часть поселений имеет одну (реже – больше) плавучую НС, напрямую забирающую воду из реки и оборудованную рыбозащитным устройством. Таких НС обнаружено 44. Еще 13 – в садоводческих товариществах. Забираемая вода проходит на местных водоочистных станциях (ВОС) освобождение от наносов и хлорирование. ВОС созданы во многих населенных пунктах и сравнительно недавно (рис. 3). Удаленные из воды наносы помещаются на специальные полигоны, и очищенная вода подается на водонапорные башни, а часть запасается в цистернах, откуда централизованно распределяется по потребителям. В населенном пункте могут быть 2 системы централизованного водоснабжения – летний водовод (с работой несколько часов в день в теплый период года) и сети круглогодичного питьевого-хозяйственного водоснабжения. Практически все системы водоснабжения недавно прошли модернизацию, либо впервые построены. Подвоз питьевой воды автотранспортом теперь практикуется мало и лишь во время ЧС.

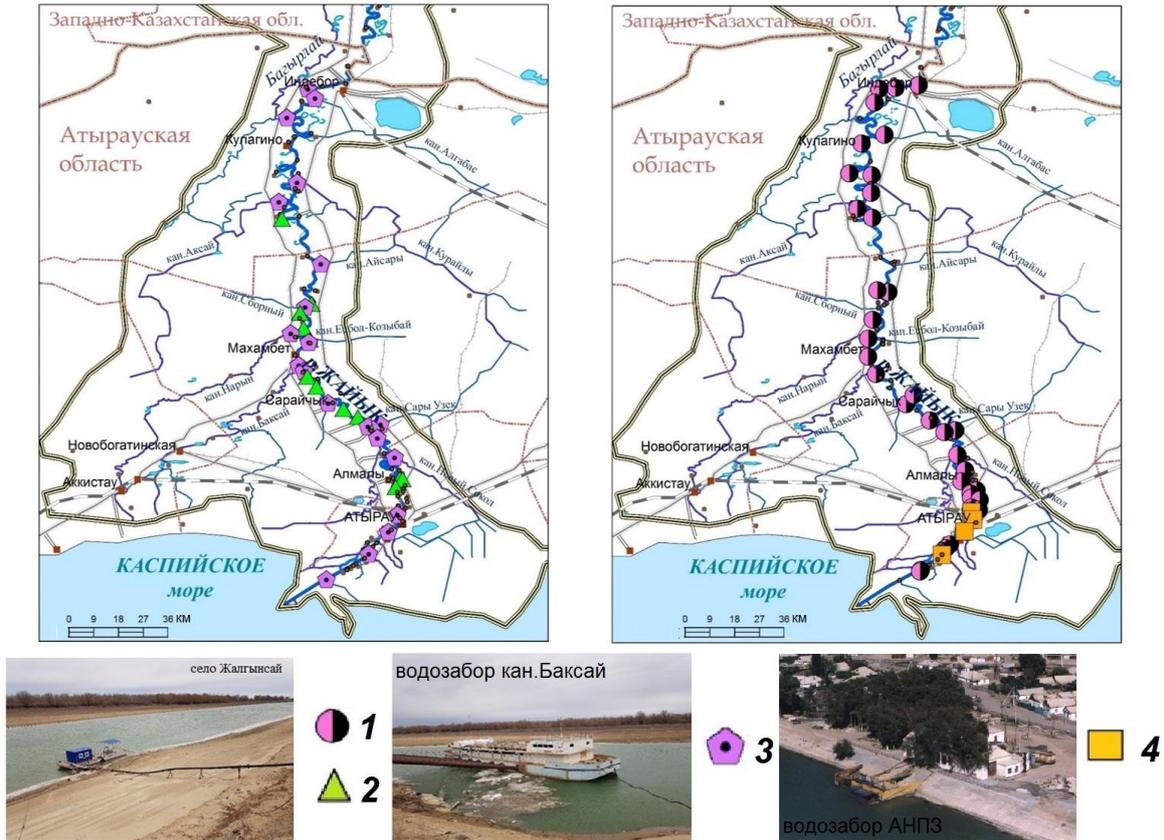


Рисунок 2 – Местонахождение и типы водозаборных сооружений по длине р. Урал, по состоянию на 2019 г. и в пределах Атырауской области

Примечание: Водозаборы сельских населенных пунктов (1) и с/х предприятий (2), каналов (3), городов и крупных промышленных предприятий (4)

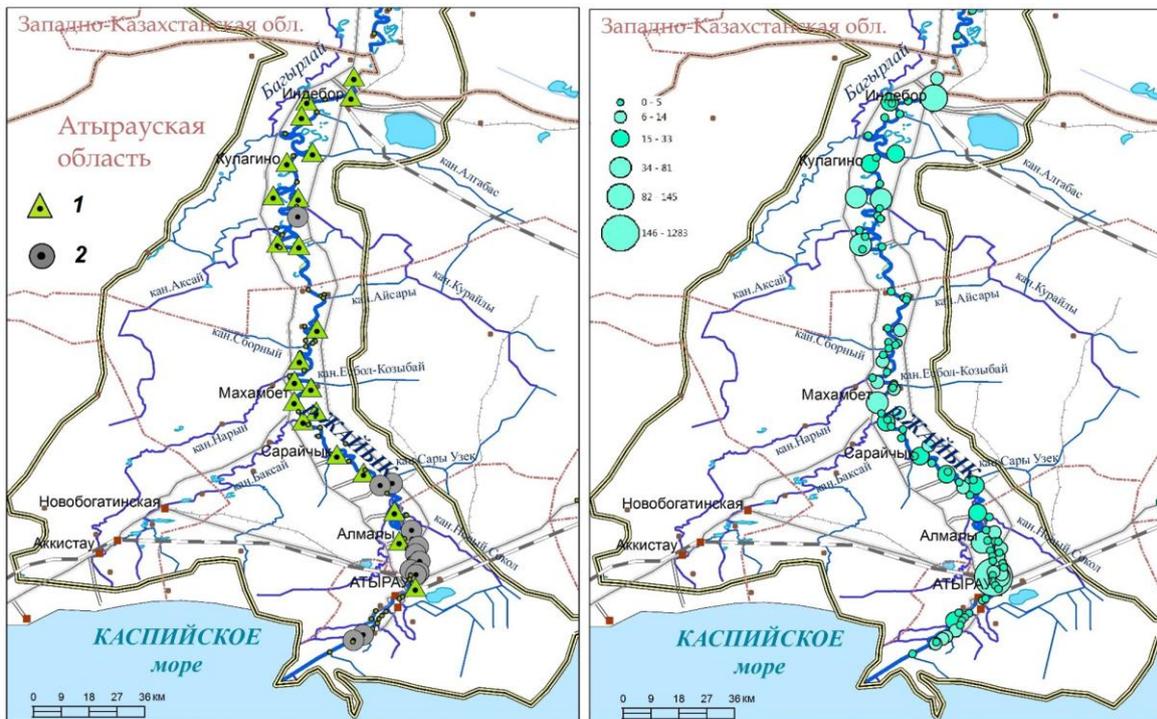


Рисунок 3 – Схема населенных пунктов, имеющих водоочистные станции (ВОС) (левый рисунок) и внутренние поселковые водопроводные сети (правый) с указанием их общей протяженности в км. 1 – есть ВОС, 2 – ВОС отсутствует

Тем не менее, проблемы поселкового водоснабжения сохранились. В их числе: 1) отсутствие горячей воды; 2) перебои в водоснабжении из-за замерзания коммуникаций в холодные зимы, остановок ВОС в половодье в связи с высокой мутностью речных вод; 3) нерегулярность подачи воды в течение суток; 4) недостаточное количество технической воды; 5) водоподготовка не по всему перечню веществ, имеющих превышение по ПДК; 6) повреждение водозборных систем на размываемых берегах (рис. 4). Опасность последнего в связи со снижением расходов воды половодья уменьшилась, но на отдельных участках зафиксирована. Важной проблемой, ждущей своего решения, остается практически повсеместное отсутствие канализационных сетей и очистных станций. Исключение – г. Атырау и некоторые поселки вблизи него, а также Индербор, Сарайшык и Махамбет. Сейчас стоки поступают в выгребные ямы и септики, которые имеют многие домохозяйства. Переполнение ям устраняется с помощью спецтехники. Но уверенности в том, что это делается своевременно, нет. Но станции по централизованному приему, очистке и утилизации сточных вод есть далеко не во всех населенных пунктах. Однако, явного сброса стоков в р. Урал в 2019 г. не обнаружено.



Рисунок 4 – Типы берегов р. Урал по интенсивности и тенденции их переформирования на участках размещения водозборных сооружений и населенных пунктов, по данным обследования в 2019 г.

Примечание: Типы берегов: 1 – аккумулятивный, 2 – активно намываемый, 3 – размываемый, 4 – опасно размываемый, 5 – защищенный, 6 – стабильный

Следующий субъект в/х комплекса нижнего Урала – это каналы различных мелиоративных систем, которые осуществляют забор уральских вод в Атырауской обл. обычно принудительным образом – с помощью мощных плавучих НС. После сброса воды в магистральный канал она самотеком течет под уклон в земляных руслах, реже – в бетонированных/облицованных, поступает в меньшие по размеру каналы на обводняемые поля и пастбища. Каналы могут также служить дополнительным источником воды для удаленных от реки населенных пунктов. НС и сами каналы функционируют с апреля – мая по сентябрь – октябрь, хотя вода в них может сохраняться и зимой. Самые крупные каналы и их подсистемы: на правом берегу – это Багырлай, Аксай, Сборный, Нарын и Баксай, Черная Речка, на левом – Алгабас-Жорык, Курайлы, Новый Сокол, ерик Мостовой и Перетаска (рис. 2). Всего обнаружено 20 водозаборов в каналы. Самотечным можно считать лишь проток Зарослый в г. Атырау. Большинство каналов, по итогам обследования в 2019 г., были в удовлетворительном состоянии. Расходы воды в июле варьировали от 0,1 до 1,3 м³/с (кан. Баксай). В трех каналах – Курсай, в каналах рядом с селами Карабай и Есбол – ток воды не наблюдался. Проектная пропускная способность главных каналов, в основном, 1-2 м³/с.

Влияние водопользования на водный сток нижнего Урала. Водохозяйственный комплекс, сложившийся на базе использования уральских вод, заметно уменьшает речной сток. Пик водопользования в бассейне Урала пришелся на 1980-е гг. [1, 3, 8]. В это время на казахстанском участке, благодаря ~145 участникам водохозяйственного комплекса, сток реки уменьшался к морю в среднем на 1,56 км³ (~1,15-1,2 км³/год в ЗКО), или 15 % стока, поступающего с территории РСФСР. В маловодные годы (например, в 1984 г.) эта доля увеличивалась как минимум в 1,5 раза. Для сравнения, естественные потери на участке Кушум – Атырау оценивались в 0,16 км³/год при водозаборе на этом отрезке в 0,41 км³/год [17]. Ниже г. Атырау (в 1980-е гг. г. Гурьев), в дельте Урала терялось от 0,54 [30] до 0,40 км³ [31]. Правда, эти оценки представляются авторам завышенными. В итоге общее снижение стока Урала на казахстанском участке в 1980-е гг. было близко к 2 км³/год (с учетом естественных потерь), или ~19,2 % притока с территории РСФСР. Больше всего, конечно, расходовалось в ЗКО – из-за забора воды Кушумским каналом (0,81 км³/год) и выше г. Уральска (0,31 км³/год). Канал забирал воду в течение всего года (63,7 % апрель – июнь, 20,3 % июль – октябрь), тогда как большинство других каналов – только в вегетационный сезон. Сбросов обратно в р. Урал не было и в те годы, что подтверждает полностью безвозвратный характер водозабора на нижнем участке Урала. В 1990-х гг. объемы водопотребления в бассейне Урала резко сократились, главным образом с 1992 по 1999 гг.

Современное хозяйственное уменьшение стока по длине казахстанского участка Урала оценивается авторами, согласно водохозяйственным расчетам и данным наблюдений на постах, примерно в 0,80-0,95 км³/год. Из них 59,5 % в половодье (апрель – июнь) и 23,4 % в июле – октябре. Необходимо отметить, что некоторые данные стационарных наблюдений за расходами воды на казахстанском участке оказались сомнительными. Тогда как от поста Январцево (на границе с РФ) к постам Кушум и Махамбет установлено закономерное гидрометрическое уменьшение стока в диапазоне 0,6-0,8 км³/год (за 2009-2018 гг.), далее к морю водный сток Урала, согласно опять же данным стоковых постов, увеличивается на ~1 км³/год. Относительно надежными данными обладают лишь посты Январцево, Кушум и Индербор.

Сбросов сточных вод в нижний Урал по-прежнему почти нет (за исключением участка в районе г. Атырау), что уравнивает водозабор и безвозвратное водопотребление. По итогам изысканий в 2019 г. и расчетам, объемы забора воды на атырауском участке Урала составили 148 млн м³/год (рис. 5), или 2,6 % годового объема стока за 2010-2018 гг. (5,82 км³/год) на посту Индербор, расположенном на границе ЗКО и Атырауской обл. При максимальном варианте объемы водозабора оценены в 227 млн м³, что меньше утвержденных правительством Казахстана (Приказ от 19 августа 2016 года № 367) для

Атырауской обл. и р. Урал лимитах водопользования в 302 млн м³, из которых 152 млн м³ на коммунально-бытовые промышленные нужды, 76,5 млн м³ – сельское хозяйство, 4,2 млн м³ – рыбную отрасль, 69,8 млн м³ – экологические нужды и прочее.

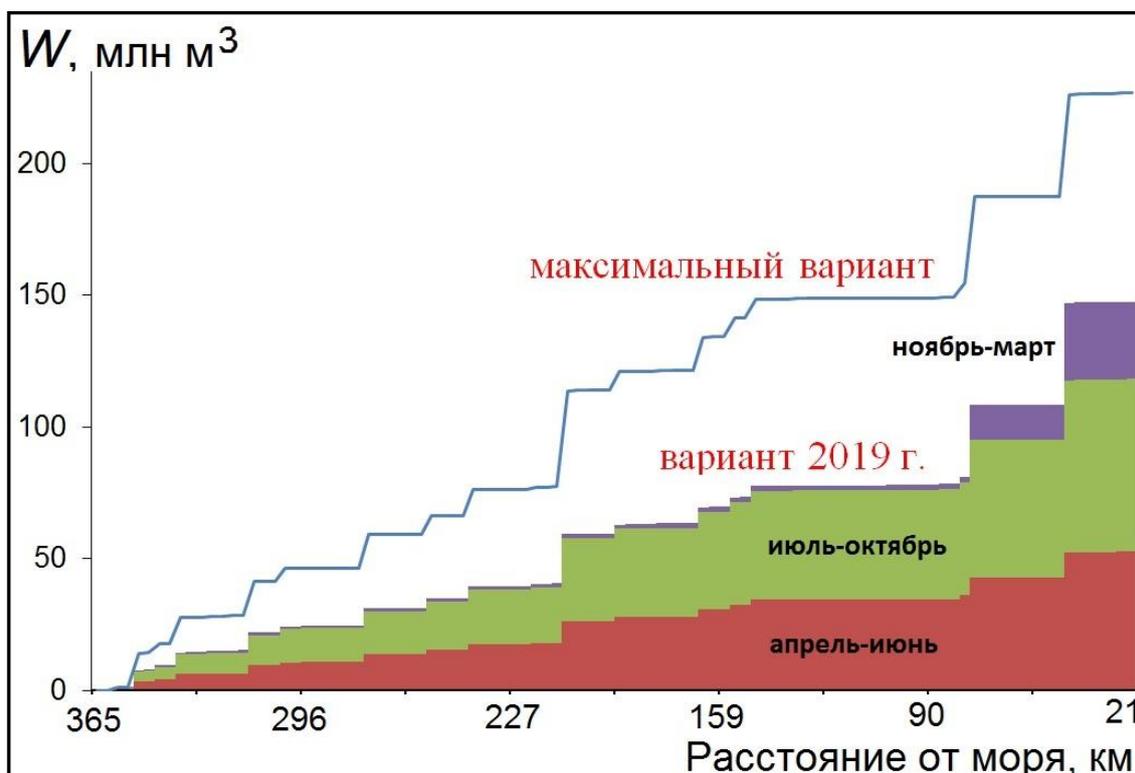


Рисунок 5 – Нарастание годовых объемов забора воды из р. Урал в пределах Атырауской обл. с разделением на сезоны (только для варианта 2019 г.)

Влияние водопользования на качество воды. Современное гидроэкологическое состояние вод в нижнем течении реки Урал определяется как местными природными и антропогенными факторами, так и значительным изменением гидрохимического режима со стороны российской части бассейна, под влиянием также двух групп факторов.

Воды нижнего Урала имеют повышенную минерализацию и смешанный (хлоридно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевый) состав, порой с преобладанием хлоридов и ионов натрия. Главная причина – почвы Прикаспийской низменности насыщены хорошо растворимыми хлоридами; здесь также распространены соляно-купольные структуры. В межень минерализация наибольшая (600-800 мг/дм³), достигая максимальных значений >1000 мг/дм³. Воды половодья имеют среднюю минерализацию (200-500 мг/дм³). В новых условиях она выросла, прежде всего, из-за сокращения стока половодья. В 2019 г. минерализация воды была максимальной в конце зимней межени (760-850 мг/дм³), летом составила 600-650 мг/дм³; воды характеризовались хлоридно-гидрокарбонатно-натриево-магниевым составом. Содержание хлоридов явно увеличивалось к морю. По данным Казгидромета, во время половодья 2019 г. минерализация изменялась в диапазоне 480-540 мг/дм³. Все это свидетельствует о соответствии основного химического состава вод нижнего Урала в 2019 г. средним многолетним величинам.

С территории России поступают, по классификации Росгидромета, «очень загрязненные» и «загрязненные» воды, где источниками загрязнения служат коммунальные и промышленные предприятия как в российской части бассейна, так и в казахстанской – главным образом, в бассейне р. Илек [1, 10, 14, 32, 33]. Часть загрязнений в верхней и средней частях бассейна «поглощают» водохранилища [34]. В низовьях Урала, как выше подмечено, сбросов сточных вод практически нет (за исключением участка в районе

г. Атырау). Но из выгребных ям и септиков сельских поселений, с животноводческих ферм, с городской территории, фильтровальных станций и площадок «сброса сточных вод на рельеф» грунтовыми водами и коллекторно-ливневыми стоками некоторые загрязнения могут попасть в реку. Последняя экологическая катастрофа с гибелью большого количества рыбы (из-за сбросов хлора) случилась в дельте Урала зимой 2018-2019 гг. и ущербом для 2-х осетровых заводов в размере 1,6 млрд тенге. Ранее масштабная гибель рыбы зафиксирована в 1967, 1968, 1973, 1984 и 1987 гг. и тоже зимой [12]. Судоходство практически отсутствует. Поэтому гидроэкологическое состояние реки от границ с РФ к морю либо не меняется ввиду процессов самоочищения в речном потоке и адсорбции на тонкодисперсных взвешенных частицах (преимущественно глинистых) тяжелых металлов (ТМ). С другой стороны, крайне негативно сказывается на качестве воды снижение водности реки [14, 35, 36]. Уровень загрязнения речных вод имеет многолетнюю и сезонную изменчивость. В многолетнем разрезе он несколько лет относительно стабилен, тогда как его сезонные колебания, которые застали и участники экспедиций в 2019 г., могут быть значительными. Как правило, в межень качество воды ухудшается.

«Традиционно» главными загрязняющими веществами (ЗВ) на значительном протяжении Урала считаются медь, железо общее, цинк, шестивалентный хром, свинец, марганец, бор, нитриты, сульфаты и нефтепродукты; показатели ХПК и БПК₅ также превышают ПДК [37]. Повышенные концентрации некоторых из них, например сульфатов, бора, железа общего, – часть естественного геохимического фона. В 2019 г. концентрации ТМ, превышающие рыбохозяйственные нормативы, обнаружены у марганца, хрома, свинца и меди. Наибольшее содержание практически всех ТМ отмечено у пос. Индербор. Ниже по течению реки концентрации снижаются. Превышения ПДК_р-х цинком (15,3-22,7 мкг/дм³) и медью (2-23 мкг/дм³) связаны, по мнению авторов, с техногенным источником – трансграничным переносом с территории РФ и впадением загрязненных притоков выше г. Уральска. Довольно стабильно по длине реки содержание растворенного железа. Его концентрации (140-190 мкг/дм³), несмотря на превышение ПДК, соответствуют природному геохимическому фону. Превышение сульфатами ПДК_р (100 мг/дм³) до 105-115 мг/дм³ отмечено летом 2019 г. между Желаево и Махамбетом; ниже по течению содержание сульфатов снижалось до 70-95 мг/дм³. Превышение ПДК по бору (0,017 мкг/дм³) не обнаружено. Содержание валового фосфора в межень 2019 г. не превышало 60 мкг/дм³. В водах реки наблюдается благоприятное соотношение биогенных элементов, которые являются минеральной основой биопродуктивности как в самой реке, так и в водах Северо-Восточного Каспия. В 2019 г. содержание нефтепродуктов находилось в диапазоне 0,01-0,03 мг/дм³ (от Индербора до 25 км ниже Атырау). ХПК вначале увеличивалось от 5,55-6,25 мг/дм³ (Уральск – Чапаево) до 15 мг/дм³ в 1 км ниже Атырау, но к морю – немного снизилось. Содержание растворенного кислорода варьировало от 5,5 до 10,1 мг/дм³, или в среднем всего 50 % насыщения с уменьшением зимой до 30 %.

Исследование фитопланктона в 2019 г. не выявило существенных отклонений в его развитии. В марте его было значительно меньше (биомасса 0,5-2 мг/л, численность < 3000 кл/мл), чем в июле (биомасса от 3,6 выше г. Уральска до 10,3 мг/л у п. Махамбета, численность от 25 до 71 тыс. кл/мл), что вполне закономерно. Его значительное развитие, соответствующее мезотрофно-эвтрофному уровню, может быть связано с повышенным содержанием биогенных веществ и спокойным течением реки. По длине русла биомасса, как правило, нарастает. Фитопланктон характеризуется высоким видовым разнообразием (индекс Шеннона 2,6-4,9, число видов 54-74). По биомассе преобладают в основном диатомовые и зеленые водоросли, но ниже г. Атырау резко увеличивается биомасса синезеленых водорослей (цианобактерий), что может быть связано с загрязнением. Обнаружена потенциально токсичная водоросль *Cuspidothrix issatschenkoi*. Индексы сапробности, характеризующие содержание в воде органических веществ, находящихся на разных стадиях разложения, невелики и изменяются от 1,6 до 2,1. Это укладывается в

границы б-мезосапробной зоны, свойственной для слабо (умеренно) загрязненных вод. Воды р. Урал ниже г. Атырау не показали повышения сапробности, что благоприятный факт.

Видовое разнообразие бентосных организмов скудное – 39 видов в более чем 14 отобранных пробах, а по отдельным станциям – менее 15. Мало ручейников (Trichoptera) и поденок (Ephemeroptera); преобладают комары-звонцы (Chironomidae), моллюски (больше всего перловиц), малощетинковые черви (Oligochaeta). Это соответствует условиям равнинной реки с небольшой скоростью течения в межень, значительному заилению донных отложений и дефициту кислорода в воде, особенно у дна и подо льдом. Индекс Вудивисса, характеризующий качество воды по зообентосу, мал – в среднем 4 балла («загрязнено»). В марте он составлял 2-7 баллов (то есть от «очень грязно» до «умеренно загрязнено», в июле изменялся – от 7 баллов до 1-2. Все это свидетельствует об экологическом неблагополучии. Значения олигохетного индекса невелики – от 0 до 17 %. Это указывает на отсутствие поступления в водотоки большого количества сточных вод, богатых легкоразлагаемой органикой. Исключение составляет ст. 1 (ниже Атырау), где весной индекс составил 96 %. Биомасса зообентоса сравнительно невелика, увеличиваясь в иловых отложениях. При изучении зоопланктона, отобранного в 2019 г., обнаружены 11 таксонов веслоногих ракообразных (Copepoda) и 10 вествистоусых (Cladocera). Это немного; еще меньше – количественное развитие зоопланктона, что характерно для малопродуктивных водных объектов. Возможно, это следствие повышенной мутности речных вод, дефицита кислорода, развития цианобактерий и др. Биомасса зоопланктона увеличивалась от Уральска к Курилкино (ниже Атырау) – от 0,9 до 6,1 мг/м³, число видов – от 8 до 10. Индекс Шеннона – 1,8-2,5, что немного. Индексы сапробности изменяются от 1,6 до 2,4 – то есть укладываются в границы б-мезосапробной зоны (характеризующей умеренное загрязнение).

Выводы

Установлено, что водохозяйственный комплекс нижнего Урала включает: 1) водохозяйственные системы городов Уральск и Атырау (коммунально-бытовое водоснабжение + водозаборы промышленных предприятий и ТЭС); 2) Урало-Кушумскую ООС, которая снабжается речной водой по Кушумскому каналу; 3) каналы мелиоративных систем в Атырауской обл., осуществляющие забор речных вод с помощью мощных плавучих НС; 4) хозяйственно-питьевое водоснабжение населения, домашнего скота и предприятий сельских населенных пунктов (с помощью малых плавучих НС), главным образом в Атырауской обл.; 5) рыбоохранное и товарное рыбоводство. Его главная особенность – безвозвратное водопотребление, что на бесприточном нижнем участке Урала создает дополнительное (к естественным потерям) уменьшение стока. С другой стороны, почти отсутствие сбросов сточных вод не ухудшает качество речных вод.

Максимальным образом на сток нижнего Урала водохозяйственный комплекс влиял в 1980-е гг., когда благодаря ~145 водопотребителям речной сток уменьшался в среднем на 1,56 км³ (~1,15-1,2 км³/год в ЗКО), или 15 % поступающего с территории РСФСР стока. В маловодные годы эта величина была еще больше. Главным водопотребителем был Кушумский канал (0,81 км³/год). К настоящему времени объемы безвозвратного водопотребления уменьшились до ~0,80-0,95 км³/год. Меньше всего изымается в Атырауской обл.: по итогам изысканий 2019 г. средняя величина составляет 0,15 км³/год, или 2,6 % годового объема стока за 2010-2018 гг. (5,82 км³/год) на посту Индербор, максимальная – 0,23 км³/год. Это меньше утвержденных (для Атырауской обл. и р. Урал) правительством РК лимитов водопользования. То есть воды, в целом хватает, несмотря на маловодный период с 2006/2008 гг. Согласно измерениям расходов воды в каналах в июле 2019 г., суммарный объем забора ими воды из р. Урал не превысил 5,5 м³/с при расходе воды в реке в это время в 100 м³/с, или 5,4 %. То есть даже в межень маловодного года, как 2019 г., в один из самых водоемких (для растениеводства и животноводства) месяцев дефицита в

воде и значительного влияния водозабора на сам речной сток не наблюдалось.

Сильный сезонный водный дефицит испытывает природный пойменно-русловой комплекс, особенно во время половодья из-за снижения параметров и частоты затопления поймы и нерестилищ, плохого «санитарного промыва» русла [4, 38, 39]. Он появился вначале из-за регулирования стока р. Урал и его притоков водохранилищами, в первую очередь, Ириклинским водохранилищем, затем (с конца 1970-х гг.) добавились климатические нарушения водного режима рек бассейна. Так, наиболее низкая эффективность воспроизводства осетровых отмечается при объеме годового стока в среднем $<3,5 \text{ км}^3$, согласно «Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Урал (Жайык) с притоками» (2007 г.). В эти годы она сокращается в 5-10 раз, как и численность нерестящихся рыб. Такое могло быть, по оценкам авторов, в 1937, 1955, 1967, 1977, 2006 гг. и похожее в 1975, 2009 гг.

Выявлены проблемы в водохозяйственном комплексе Атырауской области, связанные с отсутствием централизованного горячего водоснабжения в населенных пунктах сельской местности и отведения стоков, с перебоями в подаче воды в течение суток, в холодные зимы, высокое половодье и низкую летнюю межень, плохим состоянием сетей, опасностью повреждения объектов на размываемых берегах, неудовлетворительным техническим состоянием каналов и др. В будущем объемы водопользования в РК и нагрузка на речной сток, вероятнее всего, будут расти. В первую очередь, в связи с расширением производственной деятельности, запуском новых промышленных предприятий и месторождений, положительной динамикой численности населения, расширением существующих населенных пунктов и жилого фонда в них, со стремлением обеспечить сельскому населению и домовым хозяйствам круглогодичный доступ к достаточным объемам и нормативного качества пресноводным ресурсам. Фактическое водопотребление населением будут приближать к рекомендуемым нормам – до 125-230 л/сут. на 1 чел. в сельских населенных пунктах (без учета расхода воды на полив и водопой домашнего скота) и 250-350 л/сут. и больше в городе.

Обеспечить доступ к незагрязненным поверхностным пресноводным водоисточникам мешает неблагоприятная гидроэкологическая обстановка. Водохозяйственный комплекс нижнего Урала, как уже ранее отмечено, почти не осуществляет сбросов сточных вод в реку и не загрязняет ее. Исключение – район г. Атырау. Но воды нижнего Урала, тем не менее, характеризуются как «очень загрязненные» и «загрязненные», по классификации Росгидромета. Исследования 2019 г. еще раз подтвердили эти выводы. Это следствие, во-первых, хозяйственной деятельности в верхней и, особенно, в средней части бассейна, и в меньшей мере – особенностей естественного геохимического фона. Во-вторых, внутригодовое перераспределение стока и общее снижение стока с 2006/2008 гг. также могут служить причиной этого ухудшения. В то же время, определенные по итогам полевых работ в низовьях Урала в 2019 г. биоиндикаторы выявили мезотрофно-эвтрофный уровень развития фитопланктона и высокие показатели его видового разнообразия (т.е. благополучие), плохое развитие зоопланктона и зообентоса (экологическое неблагополучие) и средний уровень сапробности, характерный для умеренно загрязненных вод. То есть, проблема загрязнения вод Урала сохраняется, и она требует своего решения в ближайшем будущем.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственной темы (I.10, ЦИТИС 121051400038-1), при финансовой поддержке Акимата Атырауской обл. и МНК «Астана». Отдельная благодарность Дуйсенову Руслану, без помощи которого был бы невозможен проделанный объем работ.

Список литературы

1. Вода России. Речные бассейны. Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2000. 536 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало-Эмбинский район. Л., 1970. 512 с.
3. Магрицкий Д.В., Евстигнеев В.М., Юмина Н.М., Торопов П.А., Кенжебаева А.Ж., Ермакова Г.С. Изменения стока в бассейне р. Урал // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2018. № 1. С. 90-101.
4. Бурлибаев М.Ж., Фащевский Б.В., Опп К., Бурлибаева Д.М., Кайдарова Р.К., Вагапова А.Р. Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана. Алматы: Изд-во «Каганат», 2014. 408 с.
5. Magritsky D., Kenzhebaeva A., Yumina N., Efimova L., Moreido V. Climatic changes and water management in the Ural River basin and their impact on the river water regime. IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2021. vol. 817. pp. 1-10. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012062.
6. Григорьев О.М. Оценка влияния промышленно-коммунального водопотребления на сток р. Урал // Тр. ГГИ. 1981. Вып. 273. С. 45-61.
7. Давлетгалиев С.К. Поверхностные водные ресурсы рек Жайык – Каспийского бассейна в границах Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. 2011. № 1. С. 56-65.
8. Демин А.П. Использование водных ресурсов России: современное состояние и перспективные оценки: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 2011. 51 с.
9. Родионов В.З. Влияние хозяйственной деятельности на сток р. Урала // Тр. ГГИ. 1977. Вып. 239. С. 109-122.
10. Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М. Анализ водохозяйственных противоречий в условиях трансграничного вододеления стока в бассейне реки Урал // Acta Geographica Silesiana. 2015. № 20. С. 49-56.
11. Чибилев А.А. Бассейн Урала: история, география, экология. Екатеринбург, 2008. 312 с.
12. Бурлибаев М.Ж., Курочкина Л.Я., Кашеева В.А., Ерохова С.Н., Иващенко А.А. Дельта реки Урал и прилегающее побережье Каспийского моря. Астана, 2007. 264 с.
13. Курмангалиев Р.М. Экологические проблемы трансграничного водотока реки Урал и пути их решения // Ғылым және білім. 2008. № 3. С. 91-97.
14. Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M., Chibilev A.A., Padalko Yu.A. Problems of Dependable Water Use in the Transboundary Ural River Basin. Water Resources. 2017. vol. 44. no. 4. pp. 673-684.
15. Бубин М.Н. Многолетние колебания сезонного стока рек Челябинской области: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Челябинск, 2007. 20 с.
16. Васильев Д.Ю., Водопьянов В.В., Закирзянов Ш.И., Кенжебаева А.Ж., Семенов В.А., Сивохиц Ж.Т. Корреляционные связи многолетних колебаний месячного и годового стока в бассейне реки Урал // Известия РАН. Сер. Географическая. 2020. Т. 84. № 3. С. 414-426.
17. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том V. Вып. 2. Обнинск, Актюбинск, Алматы, 1984-1997.
18. Вудивис Ф. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование / Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Тр. советско-английского семинара. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 132-161.
19. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 184 с.

20. Унифицированные методы исследования качества вод. Часть III: Методы биологического анализа вод. М.: Издательский отдел Секретариата СЭВ, 1983. 371 с.
21. Баринаева С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
22. Магрицкий Д.В., Кенжебаева А.Ж. Закономерности, характеристики и причины изменчивости годового и сезонного стока воды рек в бассейне р. Урал // Наука. Техника. Технология (политехнический вестник). 2017. № 3. С. 39-61.
23. Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления / Под ред. В.Н. Михайлова М.: ГЕОС, 2013. 703 с.
24. Кокин П.П. Гидрология среднего и нижнего течения реки Урала // Тр. Казахстанского филиала АН СССР. Вып. 11. Большая Эмба. Материалы по водным ресурсам и транспорту Урало-Эмбинской области (Западный Казахстан). Том 2. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1938. С. 87-152.
25. Атлас Атырауской области. Алматы, 2014. 301 с.
26. Красножон Г.Ф., Мазавина С.С. Гидрологический режим устья р. Урал // Комплексные исследования Северного Каспия. М.: Наука, 1988. С. 5-41.
27. Урало-Кушумская проблема. Уральск: Гостипография «им. Луначарского», 1931. 16 с.
28. Онаев М.К. Оценка периодичности затопления и восстановления продуктивности лиманов // Агротомия и лесное хозяйство. 2017. С. 91-93.
29. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Ежегодное издание. Алматы, Астана, 2010-2018.
30. Георгиевский В.Ю., Цыценко К.В., Шалыгин А.Л. Оценка притока поверхностных вод в Каспийское море // Гидрометеорологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна. СПб: Гидрометеоздат, 2003. С. 217-229.
31. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Гидрометеорологические условия. Т. VI. Вып. 1. СПб: Гидрометиздат, 1992. 360 с.
32. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области». Оренбург, 2012-2019.
33. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Информация о наиболее загрязненных водных объектах РФ. Ростов н/Д: ФГБУ ГХИ, 2001-2018.
34. Павлейчик В.М., Сивохип Ж.Т. Миграция загрязняющих веществ в условиях регулирования стока (на примере верхнего течения реки Урал) // Известия Самарского НЦ РАН. 2011. Т. 13. № 1(6). С. 1472-1478.
35. Сергалиев Н.Х., Ахмеденов К.М., Чибилев А.А., Петрищев В.П., Сивохип Ж.Т., Абишева С.Х., Гаврилина И.И. Проблемы трансграничного переноса загрязняющих веществ в бассейне реки Жайык // Малые реки Казахстанско-Оренбургского трансграничного региона: Сб. науч. статей. Уральск, 2015. С. 162-172.
36. Шимшиков Б.Е., Избасарова А.К. Гидрохимическая и токсикологическая характеристики состояния реки Урал в пределах Западно-Казахстанской области // Вестник КазНУ. Серия экологическая. 2014. № 2(41). С. 163-167.
37. Тулемисова Г.Б., Абдинов Р.Ш., Кабдрахимова Г.Ж., Жанетов Т.Б. Экологическое состояние реки Урал // Вестник КазНУ. Серия химическая. 2017. № 2(85). С. 18-24.
38. Гальперин Р.И., Колча Т.В., Авезова А. Река Жайык (Урал): Угроза наводнений в нижнем течении в современных условиях // Гидрометеорология и экология. 2008. № 4(51). С. 155-165.
39. Табелинова А.С. Природные и антропогенные процессы в ландшафтах северо-восточного Прикаспия (Мангыстауская и Атырауская области Казахстана): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2019. 25 с.

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 04.03.2022

Принята к публикации 23.03.2022

FEATURES OF MODERN WATER USE IN THE LOWER REACHES OF THE URAL RIVER, ITS PROBLEMS AND HYDROECOLOGICAL CONSEQUENCES

D. Magritskiy¹, L. Efimova¹, A. Goncharov¹, A. Kenzhebayeva²

¹Lomonosov Moscow State University, Russia, Moscow

²ISC “Astana”, Kazakhstan, Nur-Sultan

e-mail: magdima@yandex.ru

The lower course of the Ural River is completely located within the Republic of Kazakhstan. Its hydroecological condition depends on the size, regime and chemical composition of river waters coming from the territory of the Orenburg region, and on local natural and anthropogenic factors. The current situation concerning the state of the lower Urals and the influence of local economic activity on it are little studied. In the spring and summer of 2019, complex expedition studies were carried out in the lower reaches of the Ural River. Later, the existing water management complex, its problems and the hydroecological consequences of the functioning were analyzed in detail. The structure of the modern water management complex that has developed in the West Kazakhstan and Atyrau regions of Kazakhstan based on the use of the Ural waters was determined; its parameters, volumes and regime of water use (for the 1980s and the present) were revealed; the nature of the impact on the water resources of the river and water quality were considered; the main difficulties are identified. A catalog of all water users in the river valley starting from the city of Uralsk has been prepared; a GIS of the hydrographic network, posts and water users of the lower Ural has been created. It has been determined that at present the volumes of irretrievable water consumption are ~0.80-0.95 km³/year, whereas in the 1980s, they reached 1.56 km³, or 15 % of the runoff coming from the territory of the RSFSR. The main consumer was the huge Ural-Kushum irrigation system (0.81 km³/year) with the largest water intake from April to July. Nevertheless, there is no water shortage, even in low-water years. The lack of sufficient water discharge is experienced by the natural floodplain-channel complex, especially during flood, due to a decrease in the size and frequency of flooding of the floodplain and spawning grounds, poor “sanitary flushing” of the riverbed. The main problems in the water management complex of the Atyrau region are identified. Some of them are related to the poor quality of river waters, mainly due to their pollution in the middle part of the basin. There are little wastewater discharges into the river within the Kazakhstan section of the river. The waters of the lower Ural are characterized as “very polluted” and “polluted”, according to the classification of Roshydromet. According to the results of field works in 2019, bioindicators revealed a mesotrophic-eutrophic level of phytoplankton development and high indicators of its species diversity, poor development of zooplankton and zoobenthos, and an average level of saprobity, which is typical for environmental problems and moderately polluted waters.

Key words: river, canal, pumping station, runoff, water use, water quality, bioindicators.

References

1. Voda Rossii. Rechnye basseiny. Ekaterinburg: Izd-vo “AKVA-PRESS”, 2000. 536 s.
2. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Tom 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyi Kazakhstan. Vyp. 2. Uralo-Embinskii raion. L., 1970. 512 s.
3. Magritskii D.V., Evstigneev V.M., Yumina N.M., Toropov P.A., Kenzhebaeva A.Zh., Ermakova G.S. Izmeneniya stoka v basseine r. Ural. Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2018. N 1. S. 90-101.

4. Burlibaev M.Zh., Fashchevskii B.V., Opp K., Burlibaeva D.M., Kaidarova R.K., Vagapova A.R. Nauchnye osnovy normirovaniya ekologicheskogo stoka rek Kazakhstana. Almaty: Izd-vo "Kaganat", 2014. 408 s.
5. Magritsky D., Kenzhebaeva A., Yumina N., Efimova L., Moreido V. Climatic changes and water management in the Ural River basin and their impact on the river water regime. IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2021. vol. 817. pp. 1-10. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012062.
6. Grigor'ev O.M. Otsenka vliyaniya promyshlenno-kommunal'nogo vodopotrebleniya na stok r. Ural. Tr. GGI. 1981. Vyp. 273. S. 45-61.
7. Davletgaliev S.K. Poverkhnostnye vodnye resursy rek Zhaiyk – Kaspiiskogo basseina v granitsakh Respubliki Kazakhstan. Gidrometeorologiya i ekologiya. 2011. N 1. S. 56-65.
8. Demin A.P. Ispol'zovanie vodnykh resursov Rossii: sovremennoe sostoyanie i perspektivnye otsenki: Avtoref. dis. ... d-ra geogr. nauk. M., 2011. 51 s.
9. Rodionov V.Z. Vliyanie khozyaistvennoi deyatelnosti na stok r. Urala. Tr. GGI. 1977. Vyp. 239. S. 109-122.
10. Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M. Analiz vodokhozyaistvennykh protivorechii v usloviyakh transgranichnogo vododeleniya stoka v basseine reki Ural. Acta Geographica Silesiana. 2015. N 20. S. 49-56.
11. Chibilev A.A. Bassein Urala: istoriya, geografiya, ekologiya. Ekaterinburg, 2008. 312 s.
12. Burlibaev M.Zh., Kurochkina L.Ya., Kashcheeva V.A., Erokhova S.N., Ivashchenko A.A. Del'ta reki Ural i prilegayushchee poberezh'e Kaspiiskogo morya. Astana, 2007. 264 s.
13. Kurmangaliev R.M. Ekologicheskie problemy transgranichnogo vodotoka reki Ural i puti ikh resheniya. Fylym zhane bilim. 2008. N 3. S. 91-97.
14. Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M., Chibilev A.A., Padalko Yu.A. Problems of Dependable Water Use in the Transboundary Ural River Basin. Water Resources. 2017. vol. 44. no. 4. pp. 673-684.
15. Bubin M.N. Mnogoletnie kolebaniya sezonnogo stoka rek Chelyabinskoi oblasti: Avtoref. dis. ...kand. geogr. nauk. Chelyabinsk, 2007. 20 s.
16. Vasil'ev D.Yu., Vodop'yanov V.V., Zakirzyanov Sh.I., Kenzhebaeva A.Zh., Semenov V.A., Sivokhip Zh.T. Korrelyatsionnye svyazi mnogoletnikh kolebaniy mesyachnogo i godovogo stoka v basseine reki Ural. Izvestiya RAN. Ser. Geograficheskaya. 2020. T. 84. N 3. S. 414-426.
17. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr. Ezhegodnye dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi. Tom V. Vyp. 2. Obninsk, Aktyubinsk, Almaty, 1984-1997.
18. Vudivis F. Bioticheskii indeks r. Trent. Makrobespozvonochnye i biologicheskoe obsledovanie. Nauchnye osnovy kontrolya kachestva vod po gidrobiologicheskim pokazatelyam. Tr. sovetско-angliiskogo seminar. L.: Gidrometeoizdat, 1977. S. 132-161.
19. Trifonova I.S. Ekologiya i suksessiya ozernogo fitoplanktona. L.: Nauka, 1990. 184 s.
20. Unifitsirovannyye metody issledovaniya kachestva vod. Chast' III: Metody biologicheskogo analiza vod. M.: Izdatel'skii otdel Sekretariata SEV, 1983. 371 s.
21. Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. Bioraznoobrazie vodoroslei-indikatorov okruzhayushchei sredy. Tel'-Aviv: Pilies Studio, 2006. 498 s.
22. Magritskii D.V., Kenzhebaeva A.Zh. Zakonomernosti, kharakteristiki i prichiny izmenchivosti godovogo i sezonnogo stoka vody rek v basseine r. Ural. Nauka. Tekhnika. Tekhnologiya (politekhnikeskii vestnik). 2017. N 3. S. 39-61.
23. Ust'ya rek Kaspiiskogo regiona: istoriya formirovaniya, sovremennyye gidrologo-morfologicheskie protsessy i opasnyye gidrologicheskie yavleniya / Pod. red. V.N. Mikhailova M.: GEOS, 2013. 703 s.
24. Kokin P.P. Gidrologiya srednego i nizhnego techeniya reki Urala. Tr. Kazakhstanskogo filiala AN SSSR. Vyp. 11. Bol'shaya Emba. Materialy po vodnym resursam i transportu Uralo-Embinskoi oblasti (Zapadnyi Kazakhstan). Tom 2. M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1938. S. 87-152.

25. Atlas Atyrauskoi oblasti. Almaty, 2014. 301 с.
26. Krasnozhon G.F., Mazavina S.S. *Gidrologicheskii rezhim ust'ya r. Ural. Kompleksnye issledovaniya Severnogo Kaspiya*. M.: Nauka, 1988. S. 5-41.
27. *Uralo-Kushumskaya problema*. Ural'sk: Gostipografiya "im. Lunacharskogo", 1931. 16 s.
28. Onaev M.K. Otsenka periodichnosti zatopleniya i vosstanovleniya produktivnosti limanov. *Agronomiya i lesnoe khozyaistvo*. 2017. S. 91-93.
29. Resursy poverkhnostnykh i podzemnykh vod, ikh ispol'zovanie i kachestvo. *Ezhegodnoe izdanie*. Almaty, Astana, 2010-2018.
30. Georgievskii V.Yu., Tsytsenko K.V., Shalygin A.L. Otsenka pritoka poverkhnostnykh vod v Kaspiiskoe more. *Gidrometeorologicheskie aspekty problemy Kaspiiskogo morya i ego basseina*. SPb: *Gidrometeoizdat*, 2003. S. 217-229.
31. *Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morei. Hidrometeorologicheskie usloviya*. T.VI. Vyp. 1. SPb: *Gidrometizdat*, 1992. 360 s.
32. Gosudarstvennyi doklad "O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Orenburgskoi oblasti". Orenburg, 2012-2019.
33. Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiiskoi Federatsii. *Informatsiya o naibolee zagryaznennykh vodnykh ob'ektakh RF*. Rostov n/D: FGBU GKHI, 2001-2018.
34. Pavleichik V.M., Sivokhip Zh.T. Migratsiya zagryaznyayushchikh veshchestv v usloviyakh regulirovaniya stoka (na primere verkhnego techeniya reki Ural). *Izvestiya Samarskogo NTs RAN*. 2011. T. 13. N 1(6). S. 1472-1478.
35. Sergaliev N.Kh., Akhmedenov K.M., Chibilev A.A., Petrishchev V.P., Sivokhip Zh.T., Abisheva S.Kh., Gavrilina I.I. Problemy transgranichnogo perenosa zagryaznyayushchikh veshchestv v basseine reki Zhaiyk. *Malye reki Kazakhstansko-Orenburgskogo transgranichnogo regiona: Sb. nauch. statei*. Ural'sk, 2015. S. 162-172.
36. Shimshikov B.E., Izbasarova A.K. *Gidrokhimicheskaya i toksikologicheskaya kharakteristiki sostoyaniya reki Ural v predelakh Zapadno-Kazakhstanskoi oblasti*. *Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya*. 2014. N 2(41). S. 163-167.
37. Tulemisova G.B., Abdinov R.Sh., Kabdrakhimova G.Zh., Zhanetov T.B. *Ekologicheskoe sostoyanie reki Ural* *Vestnik KazNU. Seriya khimicheskaya*. 2017. N 2(85). S. 18-24.
38. Gal'perin R.I., Kolcha T.V., Avezova A. *Reka Zhaiyk (Ural): Ugroza navodnenii v nizhnem techenii v sovremennykh usloviyakh*. *Gidrometeorologiya i ekologiya*. 2008. N 4(51). S. 155-165.
39. Tabelinova A.S. *Prirodnye i antropogennye protsessy v landshaftakh severo-vostochnogo Prikaspiya (Mangystauskaya i Atyrauskaya oblasti Kazakhstana): Avtoref. dis. ... kand. geogr. nvuk*. M., 2019. 25 s.

Сведения об авторах

Дмитрий Владимирович Магрицкий

К.г.н., доцент, старший научный сотрудник, МГУ им. М.В. Ломоносова

ORCID 0000-0002-4953-8376

Dmitriy Magritskiy

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Lomonosov Moscow State University

Людмила Евгеньевна Ефимова

К.г.н., старший научный сотрудник, МГУ им. М.В. Ломоносова

ORCID 0000-0003-2733-9680

Lyudmila Efimova

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Lomonosov Moscow State University

Александр Валентинович Гончаров

К.б.н., ведущий научный сотрудник, МГУ им. М.В. Ломоносова

ORCID 0000-0001-8737-7625

Aleksandr Goncharov

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Lomonosov Moscow State University

Айымгуль Жолдасбайкызы Кенжебаева

Аспирант, МНК «Астана»

Aiyimgul Kenzhebayeva

Graduate student, ISC "Astana"

Для цитирования: Магрицкий Д.В., Ефимова Л.Е., Гончаров А.В., Кенжебаева А.Ж. Особенности современного водопользования в нижнем течении р. Урал, его проблемы и гидроэкологические последствия // Вопросы степеведения. 2022. № 1. С. 28-49. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-1-28-49