

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БАССЕЙНА р. УРАЛ
И ВОЗМОЖНОСТЬ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ
ЕГО ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

УДК 556.18.(282.247.423)

ОЦЕНКА СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ
В РЕЧНОЙ ВОДЕ НА КАЗАХСТАНСКОМ УЧАСТКЕ р. УРАЛ

© 2024 г. Д. В. Магрицкий^{a, b, *}

^aИнститут водных проблем РАН, Москва, 119333 Россия

^bМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, 119991 Россия

*e-mail: magdima@yandex.ru

Поступила в редакцию 25.02.2024 г.

После доработки 14.03.2024 г.

Принята к публикации 14.03.2024 г.

На основе стационарных и экспедиционных гидрологических данных, сведений по водохозяйственному комплексу и объемам водопользования впервые рассчитаны минимально допустимый, средний и оптимальные гидрографы (с месячным шагом) притока уральских вод с территории России на территорию Западно-Казахстанской и Атырауской областей, который не ограничивал бы функционирование основных участников казахстанского водохозяйственного комплекса, не ухудшал бы качество жизни населения и условия существования водных и околоводных биоценозов, сохранял бы реку как гидрографический объект. Полученные гидрографы суммируют, во-первых, величины современного и перспективного водопотребления в городах Уральск, Атырау и многочисленных сельских поселениях, забора воды оросительными и обводнительными каналами, включая Кушумский канал; во-вторых, потребности речного судоходства в гарантированных глубинах и осуществлении непрерывной навигации с мая по октябрь; в-третьих, экологический сток, необходимый для воспроизводства осетровых пород рыбы, сохранения биопродуктивности и биоразнообразия пойменных экосистем. Последний элемент потребовал нестандартных решений, в том числе на базе существующих отечественных подходов к определению критических и оптимальных (по отношению к пойменно-русовым экосистемам) величин. Еще одним и совершенно новым результатом исследований стал анализ многолетней динамики максимальных и минимальных уровней в низовьях Урала, частоты, продолжительности и глубины затопления поймы.

Ключевые слова: река, пойма, канал, пост, сток и уровни воды, водопотребление, судоходство, осетр, пойменная экосистема.

DOI: 10.31857/S0321059624050024 EDN: VYEHSY

Рациональное и экологически безопасное трансграничное водопользование предполагает сохранение государствами такого водного стока и режима трансграничной реки, которые не ограничивали бы устойчивого, эффективного и безопасного функционирования основных участников водохозяйственного комплекса, не наносило бы населению, социально-хозяйственным объектам, аквальному и околоводным экосистемам ущерба, сохраняло бы реку как гидрографический объект.

Нижний Урал — как раз такой водный объект, но его случай не самый простой. Главная особенность р. Урал — значительная внутригодовая и межгодовая изменчивость водного стока, частое достижение уровнями и расходами воды отметок неблагоприятного или опасного гидрологического события [19]. Значительная часть бассейна и, конечно, низовье реки относятся к районам с недостаточным увлажнением. В результате по-

требности населения, развитой промышленности и сельского хозяйства в воде нередко превышают водно-ресурсные возможности реки и ее притоков, особенно в маловодные сезоны и годы. Кроме того, среднее и нижнее течение Урала играет важную экологическую роль в воспроизводстве осетровых пород рыб [4, 13, 26, 40]. Но со второй половины XX в., особенно с 2008 г., водно-ресурсный и экологический потенциал реки нарушен изменениями во внутригодовом водном режиме и текущим глубоким маловодьем. В этих условиях все чаще звучит вопрос о рациональном использовании и справедливом распределении между Россией и Казахстаном уральских вод. Несмотря на заключенные между государствами договоры и соглашения о принципах использования и охраны водных ресурсов бассейна, конкретные требования по величине речного стока в разные по водности годы и ее распределению в течение года четко не прописаны.

Одно из препятствий — объективные ограничения возможностей перестройки режима эксплуатации Ириклинского водохранилища, как того требует ряд представителей общественности и экологи. Другое препятствие — отсутствие научно-обоснованного понимания того, сколько реально воды требуется казахстанскому участку р. Урал и с какого момента наступает водный кризис. Поэтому главная задача настоящего исследования — впервые приблизительно оценить годовые, сезонные и месячные размеры потребностей населения Казахстана, промышленности, сельского и рыбного хозяйства, водного транспорта, пойменных и русловой экосистем в уральской воде. Вторая важная задача — вынести на обсуждение предлагаемый подход, который как соответствует методам, изложенным в [10, 11, 23, 39], так и имеет новые черты, — с целью дальнейшего его совершенствования и в итоге определения необходимых для Казахстана объемов уральской воды, перехода на заключительный этап их исполнения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Информационной основой для исследований послужили данные гидрологического мониторинга на постах гидрометслужбы двух стран, водохозяйственного учета, материалы двух гидрологических экспедиций в 2019 г. с участием автора настоящей статьи, сведения из научных публикаций, традиционных и электронных СМИ, а также различные правительственные документы.

Сведения о среднесуточных, среднемесячных и характерных расходах воды брались для постов в г. Оренбурге (1296 км от впадения реки в море; ряд наблюдений с 1927 по 2021 гг.), п. Январцево (940-й км, ряд расходов воды с 2008 г.), с. Кушум (732-й км, с 1912 г.), п. Индербор (325 км, с 2009 г.), с. Тополи (200-й км, с 1933 по 1973 г.), п. Махамбет (145-й км, с 1974 г.), г. Атырау (27-й км, бывший г. Гурьев; с 1950 г.), расположенных на р. Урал, а также для постов на его притоках — в с. Каргале на р. Сакмаре (в 32 км от впадения в р. Урал, с 1920 г.), с. Чилик (в 112 км, с 1949 г.) и г. Актобе (в 493 км, с 1938 г.) на р. Илек, с. Григорьевка (в 83 км, с 1954 г.) на р. Утве и Ясная Поляна на р. Кинделе (в 47 км, с 1950—

1987 г.). По среднесуточным уровням воды использованы данные наблюдений в г. Оренбурге, с. Илек (1087-й км), п. Январцево, г. Уральске (799-й км, с 1938 г.), с. Кушум, п. Мергенево (560-й км, 1942 г.), с. Тайпак (бывший п. Калмыково, 385-й км, 1927 г.), с. Тополи, п. Махамбет и г. Атырау.

Информация о водохозяйственном комплексе казахстанского участка р. Урал и его показателях бралась из нескольких источников. Это открытые для просмотра “Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Урал” в нескольких томах [35], ежегодные данные по водопользованию из справочных изданий Республики Казахстан (РК), таких как “Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов”, “Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество” [7, 32], а также из обычных гидрологических ежегодников. Вторым источником ценных сведений стали материалы двух экспедиций МГУ имени М.В. Ломоносова в марте и июле 2019 г., охватившие р. Урал от г. Уральска до Каспийского моря. Они были организованы на средства и при поддержке Международного научного комплекса “Астана”, Акимата Атырауской области. Подробно о них и их результатах рассказано в [19, 21]. Третий источник — картосхемы, паспорта развития административных районов и населенных пунктов. Сопоставление этих данных с экспедиционными материалами, спутниковыми снимками с ресурсов Google Earth и Яндекс Карты [46, 53] позволило получить такие же сведения для необследованных участков нижнего Урала. Четвертый источник данных — материалы от региональных подразделений республиканских ведомств и министерств, Казгидромета, Казводхоза и КазНИИРХа, структур исполнительных органов Атырауской и Западно-Казахстанской (ЗКО) областей. Пятый блок составили монографии, научные и научно-популярные статьи, отраслевые нормативные документы, программы развития субъектов водохозяйственного комплекса, атласы и тематические карты и т. п.

На основе материалов полевых исследований, топографических карт и спутниковых снимков создана многослойная ГИС гидрографической

сети и водохозяйственного комплекса казахстанского участка р. Урал. Экспедиционные материалы 2019 г. вместе с публикуемыми (в гидрологических ежегодниках) данными по водопользованию и режиму работы каналов, наряду с данными Жайык-Каспийской бассейновой инспекции и Казводхоза и другой информацией, позволили оценить современное и перспективное водопотребление, разнесенное по длине реки и общее.

ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТЕЙ В ВОДЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ТЭС, НАСЕЛЕНИЯ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Общие показатели водопользования

Водохозяйственный комплекс, сложившийся в Казахстане на базе использования вод р. Урал, заметно уменьшает его сток. Пик водопользования пришелся на 1980-е гг. [7, 8, 18]. Участников водохозяйственной деятельности тогда насчитывалось 152: ~7 от границы с РСФСР до г. Уральска, 40 — между г. Уральском и с. Кушум, 36 — от с. Кушум до п. Махамбет, 47 — между п. Махамбетом и г. Гурьевым, 22 — в дельте. Благодаря им сток уменьшался в среднем на 1.56 км³/год, или 15% объема, поступавшего в Казахскую ССР, с ростом этой доли в маловодные годы в 1.5 раз. Больше всего расходовалось воды в Западно-Казахстанской области благодаря Кушумскому каналу. С учетом высоких естественных потерь общее снижение стока приближалось к 2 км³/год, или ~19.2% суммарного притока. Сбросов обратно в реку почти не было. В 1990-х гг. объемы водопотребления резко сократились, главным образом с 1992 по 1999 г. Современное уменьшение стока по длине казахстанского участка Урала оценивается автором статьи в 0.80–0.95 км³/год [19]: 59.5% в половодье (апрель–июнь) и 23.4% в июле–октябре. Это подтверждается также данными наблюдений на постах. Сбросов сточных вод в нижний Урал по-прежнему почти нет, что уравнивает водозабор и безвозвратное водопотребление.

Современное водопользование в Западно-Казахстанской области

Западно-казахстанский участок начинается от устья р. Илек, но лишь ниже с. Кирсаново

охватывает как левобережье, так и правобережье р. Урал. Субъектами водохозяйственного комплекса, напрямую связанными с главной рекой, являются водное хозяйство г. Уральска, Кушумский канал и несколько объектов, подающих уральскую воду на пастбища, в домовые хозяйства и оз. Шалкар. Важная особенность для ЗКО — доминирование подземных вод в структуре хозяйственно-питьевого и сельскохозяйственного водопользования. Разведанные месторождения подземных пресных вод вблизи р. Урал сосредоточены на участке от государственной границы и примерно до аула Карауылтобе (570-й км) [32, 51]. Основные эксплуатируемые месторождения — это перспективное Январцевское (в 50–70 км северо-восточнее г. Уральска, эксплуатационные запасы 54.5 тыс. м³/сут), давно используемое Уральское (вблизи г. Уральска, 65.6 тыс. м³/сут, с 1973 г.) и Серебряковское (в 25–30 км юго-западнее г. Уральска, 24–43 тыс. м³/сут, с 1982 г.) [47]. Все они расположены на правобережье реки, их запасы в последнее время переоцениваются, бурятся дополнительные скважины, ремонтируются и строятся новые водоводы, извлечение растёт, в том числе с ущербом и для речного стока. Например, если в 1980–2010-х гг. добыча на Январцевском месторождении варьировала от 21 до 27 тыс. м³/сут, то с 2020–2021 гг. стали добывать 35 тыс. м³/сут [52]; на Серебряковском месторождении добыча выросла с 1.6 тыс. м³/сут в 2006–2008 гг. до 2.5 тыс. м³/сут в 2014–2017 гг. [44]. Левобережные поселения снабжаются водой с Жарсуатского, Ново-Жарсуатского, Федоровского и других небольших месторождений с дебитом от нескольких сотен до нескольких тысяч кубических метров в сутки.

Максимальные потребности в воде социально-хозяйственного комплекса г. Уральска оцениваются в 70 тыс. м³/сут: 25–30 тыс. м³ речных вод в сутки забирается насосной станцией Уральской ТЭЦ, 35 тыс. м³/сут перебрасываются с Уральского месторождения подземных вод, 5–10 тыс. м³/сут — дефицит. Особенно кризисными были 2020 и 2021 гг. Пик водопотребления приходится на июль–август. Сточные воды сбрасываются в каскад накопителей и биологических прудов, а также на рельеф местности, хотя с 2015 г. от этой практики стараются уйти. Сброс обратно в реку ≤2400 м³/сут и связан с промыв-

кой фильтров от наносов, используемых станцией водоподготовки.

Самый крупный водопользователь в ЗКО и на казахстанском участке — это Кушумский канал. Он отделяется от р. Урал (от протоки Чаган) вблизи п. Круглоозерного и имеет дополнительную подпитку у аула Кушум. Вода поступает самотеком. Канал питает огромную Урало-Кушумскую обводнительную и оросительную систему (ООС) (рис. 1), объединяющую 13.0–15.3 тыс. га земель под регулярное орошение, 86.0–97.6 тыс. га земель лиманного орошения, 2177 тыс. га пастбищных угодий. Этот важный для всего Западного Казахстана комплекс образован на месте древней Кушумской дельты и ее рукавов [38], построен в 1940 г., в проектом режиме функционирует с середины 1950-х гг. Сама система полностью введена в эксплуатацию в 1974 г. и, помимо задач орошения, обеспечивает водой 38 сельских округов пяти районов ЗКО, имеет общую протяженность каналов 1232 км, включает четыре больших водохранилища и другие объекты и сооружения [27]. Вода из Кушумского канала расходуеться, по данным РГП “Казводхоз” в 2013 г., на лиманное

(10.5 млн м³/год) и регулярное (5.3) орошение, обводнение пастбищ (3,6), водоснабжение предприятий (0.24), общее водопользование (48.0), переброску стока в сторону р. Большой Узень (71.2), наполнение водохранилищ (142.4) и экологические цели (331.5 млн м³/год). Последний пункт не раскрывается.

В XXI в. забор речной воды в Урало-Кушумскую ООС существенно уменьшился и, по сути, вернулся к показателям начальных лет своей эксплуатации (рис. 2). Если в 1970–1980-х гг. пиковые объемы изъятия речных вод Кушумским каналом были 822 млн м³/год, то в 2002–2017 гг. водозабор уменьшился до 570 млн м³/год (по наблюдениям на посту в истоке канала) и 387 млн м³/год (по сведениям от Западно-Каспийского филиала РГП “Казводхоз”). В 2018–2021 гг. из-за низких уровней в главной реке в канал поступило всего 230 млн м³. В итоге заполнение водохранилищ составило 21.4%. Причиной серьезного сокращения водозабора было уменьшение площадей обслуживаемых земель — до 1061 и 2500 га земель регулярного и лиманного орошения, 30 тыс. га пастбищных угодий.

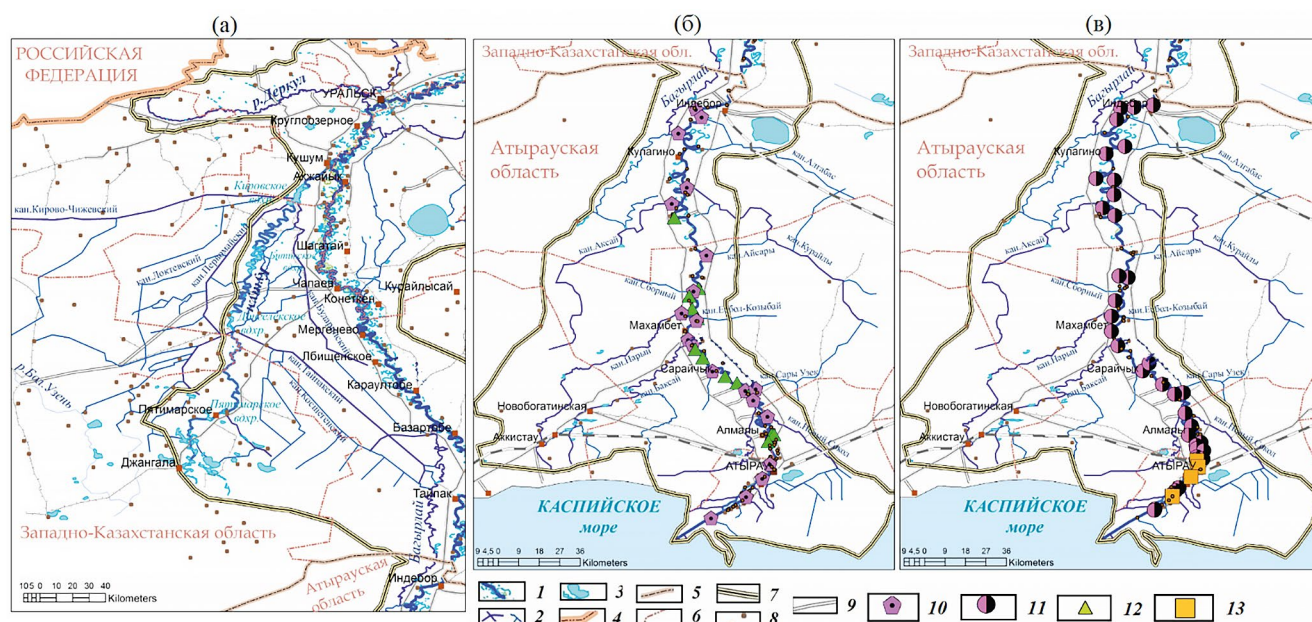


Рис. 1. Казахстанский участок р. Урал с пойменно-старичным комплексом, населенными пунктами, водозаборами и каналами, дорожной сетью. 1 — р. Урал и канал Кушум с пойменно-старичным комплексом (а), 2 — каналы и притоки, 3 — водоемы, 4 — государственная граница, 5 — граница между областями, 6 — граница между районами, 7 — границы бассейна р. Урал, определенные авторами, 8 — населенные пункты, 9 — транспортная инфраструктура; тип водозабора (рис. б и в): 10 — подача насосной станцией в канал, 11 — водоснабжение сельских поселений, 12 — сельхозпредприятий, 13 — городов и крупных промышленных предприятий.

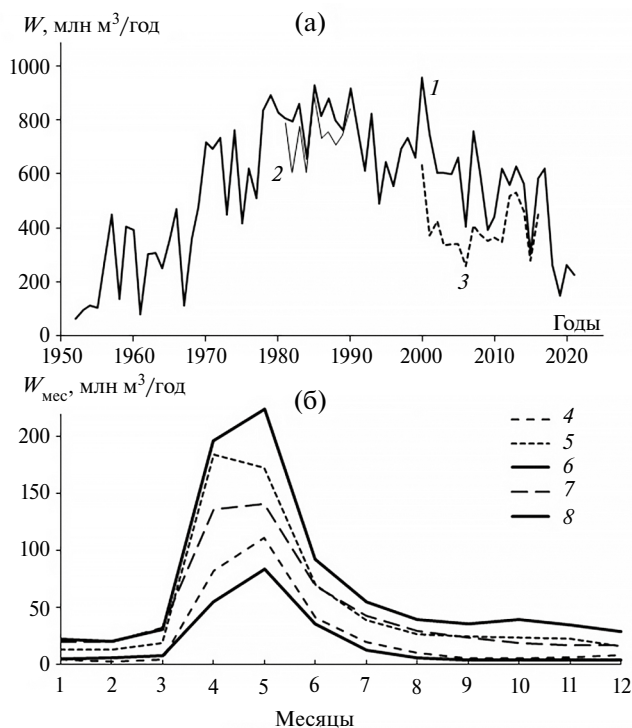


Рис. 2. Многолетний (а) и внутригодовой (б) режим забора уральских вод в Кушумский канал. По данным: 1 — гидрологических ежегодников [5, 6] и Казгидромета, 2 — [7], 3 — Западно-Казахстанского филиала «Казводхоза»; периоды: 4 — 1955–1969, 5 — 1970–1977, 6 — 1978–1993, 7 — 2002–2017, 8 — 2018–2021 гг.

дий [27] — и, конечно, ухудшение технического состояния гидротехнических объектов. Явное снижение отмечено во все месяцы года (рис. 2). Характерно, что внутригодовой водный режим Кушумского канала соответствует гидрографу реки: основной водозабор осуществляется в половодье.

В настоящее время в Урало-Кушумской ООС проводятся масштабные работы по ее модернизации; планируется больше уральских вод перебрасывать в бассейн р. Большой Узень. В то же время отсутствует информация о мерах по уменьшению потерь воды на испарение и фильтрацию в грунты, на перевод транспортировки речных вод из открытых, с земляным руслом, каналов в закрытые водоводы. Эти потери могут достигать 40% [35]. Таким образом, это сохраняет положение Урало-Кушумской ООС как самого крупного водопотребителя в бассейне р. Урал с безвозвратным изъятием речных вод [8, 17, 20].

Третий участник водохозяйственного комплекса — водоснабжение сельских населенных пунктов и сельхозугодий районного значения. Правда, насосных станций, забирающих воду из р. Урал, удалось обнаружить лишь у менее чем пяти сельских поселений. Хотя в 1980-е гг. их было существенно больше. В основном водоснабжение таких поселений на правобережье идет из каналов Урало-Кушумской ООС и подземными водами, на левобережье — из водоводов, перебрасывающих подземные воды.

Четвертый водопотребитель — это Жайык-Шалкарский канал на левом берегу Урала. Построен в 1978 г.; берет начало у с. Акжайык. Вода подается принудительно — насосными станциями в объеме $<1.5 \text{ м}^3/\text{с}$. В 2010-е гг. практически не функционировал. В 2022–2023 гг. прошел реконструкцию с доведением максимального расхода до $7 \text{ м}^3/\text{с}$. Работа насосной станции и канала сезонная — с мая по сентябрь–октябрь.

Всех этих данных хватило, чтобы приблизительно рассчитать средние потребности в воде водохозяйственного комплекса ЗКО, связанного с р. Урал, по двум вариантам (табл. 1). Вариант 1а отражает современные условия водопотребления с водозабором в Кушумский канал на уровне 2002–2017 гг. Вариант 2а, или максимальный, подразумевает: 1) возврат для Кушумского канала к показателям 1970–1980-х гг.; 2) максимальный забор воды Жайык-Шалкарским каналом; 3) гипотетический перевод населения и коммунальных предприятий 64 сельских поселений на речную воду. По немногочисленным собранным фактическим данным, водообеспечение на 1 чел. в сельских поселениях ЗКО сравнительно небольшое — от 70 до 130 л/сут. Это почти в 2–2.5 раза меньше, чем в Атырауской области, где поселения снабжаются речными водами. В то же время, согласно Постановлению Акимата ЗКО № 4049 от 18.08.2015 г. [41] и СНиП РК 4.01-02.2009 [45], суточное водопотребление должно стремиться к 150/210–270/280 л/сут для домов с централизованным горячим водоснабжением, 80/100–150 л/сут для домов с водопроводом и канализацией без ванн, с автономной системой горячего водоснабжения, 40 л/сут при разборе воды из колонок. Это — основа для расчета суммарного водопотребления сельским населением.

ем в будущем при знании его численности. По состоянию на 2009 г. число сельских жителей достигало ~73 тыс. чел. (к сожалению, новых сведений найти не удалось). Улучшение обеспечения населения питьевой водой, модернизация систем водоснабжения действительно происходят. Если в 2000 г. обеспеченность населения водой составляла 31%, то в 2020 г. уже 88.4%. К 2025 г. этот показатель в ЗКО планируют довести до 100%.

Если сравнивать текущий уровень водопотребления (вариант 1а) с “Лимитами водопользования для ЗКО на 2016–2025 гг.” (669 млн м³), утвержденными Приказом Правительства РК № 367 от 19 августа 2016 г. [42], то он их не превышает. Но максимальный расчетный уровень превысил бы Лимиты в 1.38 раз (табл. 1).

Современное водопользование в Атырауской области

В Атырауской области (АО) в 2014–2017 гг. почти 99% водопотребления осуществлялось за счет речных вод [32]. Как и в ЗКО, водозабор практически безвозвратный. По объемам водопотребления лидируют промышленность и сельское хозяйство, далее следуют коммунальное хозяйство и предприятия рыбного хозяйства.

Самые крупные водопотребители находятся в г. Атырау. Здесь пять водозаборных и водоочистных станций стационарного типа в ведении городского коммунального предприятия “Атырау Су Арнасы”. Часть воды перебрасывается по магистральному водоводу в пос. Макат и далее. Крупные промышленные предприятия, такие как Атырауский НПЗ и Атырауская ТЭЦ, имеют собственные водозаборные сооружения. Общий забор воды из реки предприятием “Атырау Су Арнасы” на хозяйственно-питьевые цели на рубеже 2010–2020-х гг. составлял ~25 млн м³/год (или 70–75 тыс. м³/сут, или 322 л/сут на 1 чел.). Максимальный забор воды, вероятно, может достигать 33 млн м³/год [30]. В 2009 г. в г. Атырау потребление питьевой воды населением было 12 млн м³/год (165 тыс. чел.), в 2012 г. — 15 млн м³/год (183 тыс. чел.). На производственные нужды предприятия забирается дополнительно 38.6 млн м³/год [50]; т. е. суммарный водозабор может достигает

54 млн м³/год. Его планируют постепенно увеличить до 84 млн м³/год, из которых 33 млн м³ пойдет на хозяйственно-питьевые цели. Отведение использованной воды в правобережной и левобережной частях города проводится отдельными системами — на поля испарения и в водоемы-накопители. В 2015, 2016 и 2017 гг. отводилось 15.46, 18.03 и 18.43 млн м³/год, причем 30% пришлось на промышленные сбросы и 70% на хозяйственно-бытовые.

Следующий, второй, крупный потребитель речных вод в АО — это сельские поселения. Таких пунктов вдоль реки 42 (рис. 1). В них, по состоянию на 2018 г., проживало почти 117 тыс. чел., что на 22 тыс. больше, чем в 2009 г. Хозяйство и инфраструктура сельских поселений включают объекты социальной сферы и разных служб: коммунальные предприятия, малые предприятия торговли и по оказанию разного рода услуг, иногда небольшие фермы, частные дома с приусадебными участками и домашним скотом, редко — многоквартирные дома.

Воду в села, поселки и аулы подают небольшие по мощности плавучие насосные станции. Их обнаружено (во время экспедиции и по спутниковым снимкам) 44. Еще 13 станций относятся к девяти садоводческим товариществам. Речная вода проходит водоподготовку на локальных водоочистных станциях, имеющих во многих населенных пунктах. Далее вода подается на водонапорные башни или в цистерны, откуда централизованно распределяется по потребителям. В сельском населенном пункте могут функционировать две системы централизованного водоснабжения — летний водовод и сети постоянного водоснабжения. Летние водоводы используются для полива технической водой огородов, садов и для водопоя скота; они функционируют в теплый сезон года по несколько часов в день, представлены одной и несколькими небольшими насосными станциями первого подъема, характеризуются отсутствием водоподготовки и не спрятанными в землю трубами.

Практически все системы водоснабжения прошли модернизацию в 2002–2009 и 2013–2017 гг. либо были впервые построены, как, например, станции водоподготовки [19].

Важной проблемой, ждущей своего решения, остается практически повсеместное отсутствие канализационных сетей и очистных станций. Исключение — г. Атырау и некоторые поселки вблизи него, а также поселки Индербор, Сарайшык и Махамбет. Сейчас стоки поступают в выгребные ямы и септики. Переполнение ям устраняется с помощью спецтехники.

Третий важный субъект водохозяйственного комплекса — это каналы различных оросительных и обводнительных систем (рис. 1), которые забирают уральскую воду с помощью более мощных плавучих насосных станций. После сброса воды в магистральный канал она течет под уклоном в земляных руслах, распределяется по меньшим по размеру каналам и поступает на обводняемые угодья. Каналы могут также служить источником воды для удаленных от реки населенных пунктов. Системы функционируют с апреля—мая по сентябрь—октябрь, хотя вода в них может сохраняться и зимой. Самые крупные каналы и их подсистемы: на правом берегу — Багырлай, Аксай, Сборный, Нарын и Баксай, Черная Речка; на левом — Алгабас-Жорык, Курайлы, Новый Сокол, ерик Мостовой и Перетаска. Всего выявлено 20 водозаборов в такие каналы. Проектная пропускная способность главных каналов в основном — 1–2 м³/с. Но в Баксае и Нарыне она достигает 21 м³/с. Правда, в июле 2019 г. участники экспедиции измерили существенно меньшие расходы воды.

Четвертый водопользователь — Урало-Атырауский осетровый рыбноводный завод, выращивающий осетрового малька, и аквакультурное хозяйство по товарному производству осетровых пород рыб и икры. Оба они находятся в дельте Урала. В 2007–2009 гг. они использовали всего 4.1 млн м³ воды, причем с возвращением ее в реку.

Оценка современного водозабора из р. Урал в пределах Атырауской области, его разных вариантов проводилась иначе, чем для ЗКО. В основе ее, прежде всего, — данные экспедиционных изысканий в 2019 г., а затем уже сведения о размещении, типе и мощности каждого из водозаборов, о пропускной способности и внутригодовом режиме работы каналов, численности

населения, количестве домовых хозяйств и наличии летнего водовода в сельских населенных пунктах, открытые водохозяйственные данные по г. Атырау и некоторым сельским поселениям. Расчет выполнялся нарастающим итогом от одного водопотребителя к следующему, находящемуся ниже по течению. Забор воды каналами оценивался только для вегетационного сезона с учетом режима их работы в 1981–1985 гг., сведения об этом опубликованы в [5]. Подробно методика расчетов и примененные решения раскрываются в [21].

По итогам изысканий в 2019 г. и по расчетам, объемы забора воды на атырауском участке Урала составили 144 млн м³/год (вариант 1б), или 2.5% годового объема стока за 2010–2018 гг. на посту Индербор. Это явно меньше “Лимитов использования уральских воды” (302 млн м³/год), утвержденных для Атырауской области Правительством РК [42]), и не может приводить к водному дефициту. Внутригодовое распределение водопотребления для варианта 1б приведено в табл. 1.

Вариант 2б подразумевает доведение суммарного объема водопотребления до 302 млн м³/год (табл. 1). Вариант 3б предполагает: 1) забор воды в каналы в июне, близкий по своей величине к максимальной пропускной способности канала; 2) схожее с показателями 2019 г. водопотребление сельскими населенными пунктами (оно больше нормативной величины — 150 л/сут на 1 чел.); 3) водопотребление предприятиями в г. Атырау — на уровне утвержденных Правительством Казахстана лимитов.

ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТЕЙ В ВОДЕ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

Река Урал официально судоходна от моря до г. Оренбурга. Регулярное сообщение между городами Гурьевом и Уральском открылось в 1916 г., хотя первые суда здесь начали ходить еще в конце XIX в. В СССР оно возобновилось в 1927 г., а с 1932 г. открылось сообщение до г. Оренбурга. В 1943 г. были составлены первые лоцманские карты, обновленные в 1950–1960-х гг. Развитие отрасли продолжалось до 1970-х гг., но одновременно стали нарастать и проблемы. В 1960-е гг.

Таблица 1. Величины расчетного месячного и годового стока р. Урал (на границе России и Казахстана), млн м³, и его отраслевая структура

Вариант	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Водозабор в Западно-Казахстанской области													
1а	21.1	20.8	33.2	137	146	74.2	48.1	33.2	26.8	21.3	18.4	17.6	598
2а	24.1	21.8	32.1	198	241	112	73.3	54.9	48.7	47.6	36.4	30.4	920
Водозабор в Атырауской области													
1б	6.0	5.4	6.5	10.9	18.2	20.5	19.4	17.1	14.4	11.0	8.5	6.4	144
2б	12.8	12.9	14.5	23.4	36.6	42.5	38.8	35.1	29.2	22.4	18.5	13.9	301
3б	12.5	11.3	21.2	66.3	134	163	144	126	96.3	61.7	41.4	18.5	896
Сток для поддержания гарантированных глубин (для судоходства)													
1в	0	0	0	0	161	156	161	161	156	161	0	0	956
2в	0	0	0	0	375	363	375	375	363	375	0	0	2226
Минимально допустимый (санитарный) сток													
1г	29.0	20.2	19.3	410	640	190	100	70.2	59.2	56.0	60.0	41.1	1695
Весенний сток, оптимальный для ихтиофауны и почвенно-растительного покрова поймы													
1д	0	0	0	1400	4770	1370	0	0	0	0	0	0	7540
2д	0	0	0	1140	3810	1100	0	0	0	0	0	0	6050
3д	0	0	0	1590	2420	565	0	0	0	0	0	0	4575
Суммарный сток для казахстанского участка р. Урал*													
0	56	46	59	558	804	285	168	161	156	161	87	65	2606
	95	95	93	98	96	98	98	89	87	83	99	98	99
	66	55	66	1810	2700	720	212	161	156	161	115	85	6310
1	93	90	90	51	55	60	93	89	87	83	93	95	70
	81	74	74	35	55	58	87	81	74	71	84	87	52
	66	55	66	1360	4090	1250	212	161	156	161	115	85	7780
2	93	90	90	63	31	19	93	89	87	83	93	95	52
	81	74	74	52	32	23	87	81	74	71	84	87	48
	66	55	66	1620	5050	1525	212	161	156	161	115	85	9270
3	93	90	90	54	22	12	93	89	87	83	93	95	37
	81	74	74	42	26	16	87	81	74	71	84	87	35

*Во второй строке – процент исполняемости за 1938–2020 гг., в третьей – за 1938–1968 гг.

прекратилось регулярное движение на участке с. Рубежинское – г. Оренбург. В 1970-х гг. из рыбоохранных соображений была запрещена эксплуатация глиссирующих пассажирских теплоходов, а с 1982 г. – уже глубокоосидающих судов. Эти решения, сильное маловодье 1970-х гг. (рис. 3а, 3б) и сложная экономическая ситуация в 1990-х гг. привели к деградации отрасли. В 1995 г. грузоперевозки прекратились вовсе.

В XXI в. Правительство РК пыталось реанимировать судоходство. Издано несколько постановлений, утверждены программы развития транспортной отрасли (№ 105 от 29.01.2004, № 917 от 26.09.2006, № 1055 от 31.12.2019 г. и др. [49]), но речной транспорт так и не стал полноценным субъ-

ектом водохозяйственного комплекса. И причин здесь, помимо выше перечисленных, несколько. Судоходство на р. Урал всегда лимитировали многочисленные отмели, быстрое от года к году изменение судоходной обстановки ввиду интенсивных русловых переформирований, низкие уровни во время длительной межени и, как ни странно, высокие уклоны и скорости течения. Число перекатов между г. Уральском и п. Калмыково почти 80, ниже по течению – их еще 17 [15]. В межень глубины на лимитирующих перекатах падают до 0.5–0.8 м при гарантированных глубинах судового хода 0.9–1.0 м [35]. Были случаи простоя всего флота, например в 1967, 1975 и 1977 гг., из-за очень низких уровней воды (рис. 3а, 3б). Возможно, похожие случаи были в очень маловодные 1951, 1954

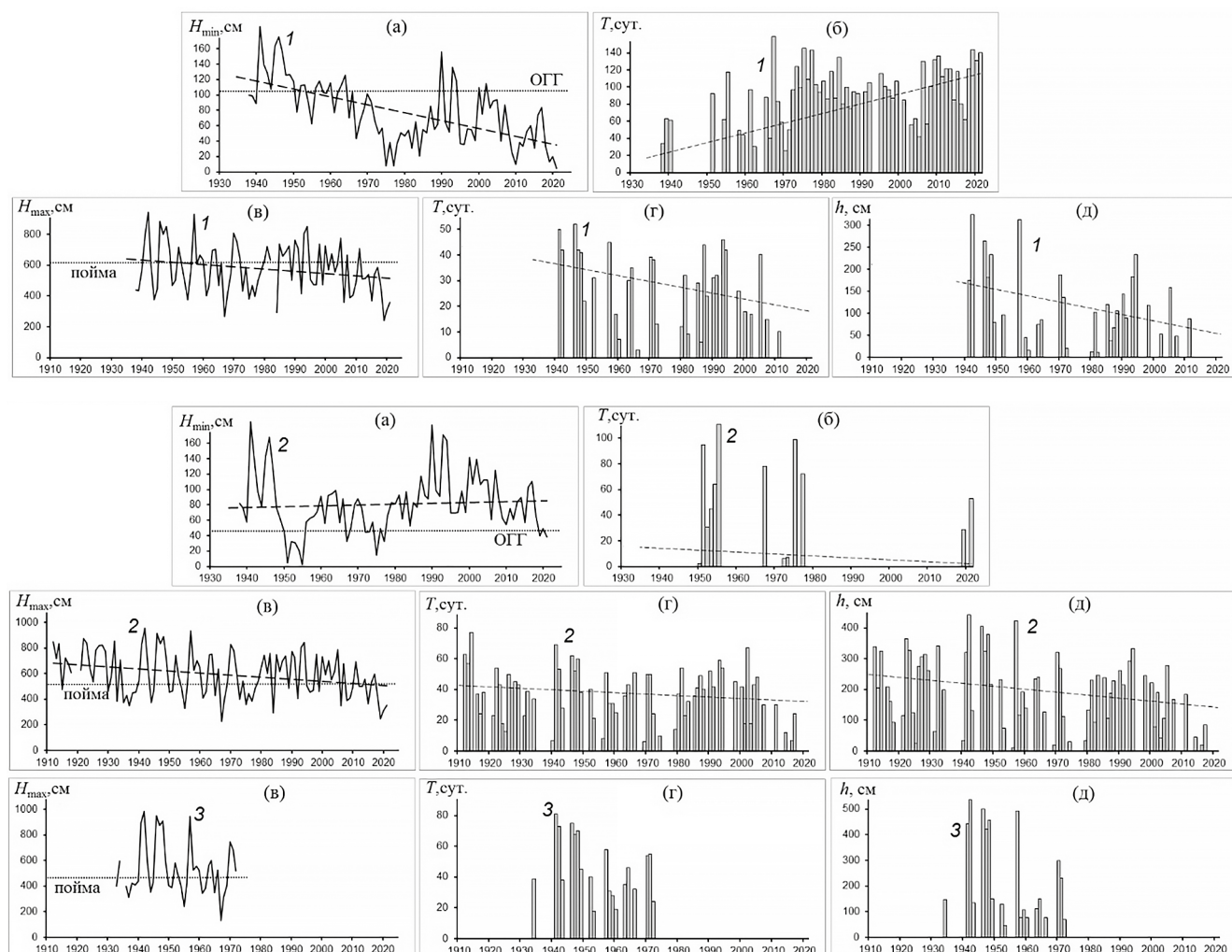


Рис. 3. Многолетние изменения минимального (за навигационный сезон) уровня воды (а), продолжительности стояния уровня ниже отметки гарантированных глубин в навигационный сезон (б, ОГГ), максимального уровня (в), продолжительности (г) и глубины (д) затопления поймы р. Урал на постах Уральск (1), Кушум (2) и Тополы (3) (с 1933 по 1974 г.) с линейными трендами.

и 1955 гг. В устье реки уровни межи тесно связаны с колебаниями среднего уровня моря и стгно-нагонными явлениями [38]. Гарантированные глубины здесь должны быть больше — 1.2–1.5 м, так как это необходимо для прохода речно-морских и морских судов.

Зарегулирование стока Урала водохранилищами, с одной стороны, сократило продолжительность и водность половодья, с другой — увеличило средний расход летне-осенней межи с 83 до 117 м³/с и в целом ее водность [19]. Но минимальные уровни отреагировали неоднозначно: на посту Уральск они понизились почти на 0.6 м, вероятно, под воздействием русловых перестроений, а на посту Кушум выросли на

5 см (рис. 3а). Причем в последнем случае многолетний ход уровней совпал с колебаниями меженных расходов воды не только в Кушуме, но и в Оренбурге. Кроме того, сопоставление гидрологических данных с независимыми данными о состоянии речной навигации на нижнем Урале показало, что проблемы возникали именно в те годы, когда уровень воды опускался ниже неблагоприятной отметки именно в Кушуме. А это было не так часто и не так продолжительно, как на посту Уральск (рис. 3а). Поэтому серьезное снижение уровней на посту Уральск с середины 1960-х гг. и рост продолжительности периода с уровнями ниже неблагоприятной отметки не свидетельствуют о катастрофическом ухудшении условий для судоходства.

Еще одна причина “гибели судоходства” — слабые конкурентные преимущества речного вида транспорта в сравнении с автомобильным и железнодорожным, чьи дорожные сети дублируют друг друга и нижний отрезок Урала (рис. 1). Сказалось и недофинансирование отрасли. Тем не менее несколько мероприятий — углубление Урало-Каспийского канала в устье реки и модернизация порта Атырау — были реализованы, поскольку это часть мер, касающихся устойчивого транспортного снабжения нефтедобычи на каспийском шельфе.

Основные порты на нижнем Урале — это Уральск и Атырау; в сельских поселениях корабли швартуются к пристаням.

Чтобы оценить минимально необходимые для водного транспорта расходы воды, необходимо знать гарантированные глубины и период навигации. Согласно [31], гарантированные габариты судового хода поддерживаются при уровне 105 см на посту Уральск, на посту Кушум — 45 см, Тополи — минус 10 см. На устьевом взморье, согласно Атыраускому филиалу Казгидромета [4], критическими, опасными и особо опасными уровнями считаются 40 см, 20 см и минус 30 см над нулем поста Атырау. Эти проектные уровни, вероятно, актуальны и в настоящее время, так как, по словам директора Уральского судостроительного завода [48], для прохода грузовых судов требуется уровень 110–140 см (на посту Уральск). Даты наступления этих горизонтов зависят от сроков окончания весеннего половодья и в среднем приходятся на 27 и 31 июля для отметок в 110 и 105 см. Причем с 1973 г. произошел существенный сдвиг в сторону более раннего начала этого неблагоприятного (для навигации) периода: 1938–1972 гг. — 25 и 17 августа, 1973–2021 гг. — 18 и 20 июля (пост Уральск). Предприятием “Водные пути Казахстана” сроки навигации определены с 20 апреля по 31 октября для реки и 1 апреля — 22 ноября для Урало-Каспийского канала.

Отметкам 105 см на посту Уральск и 45 см на посту Кушум соответствуют расходы воды на посту Январцево в 140 м³/с (вариант 2в) и 60 м³/с (вариант 1в), полученные с учетом времени добегания, или месячные объемы стока в 363–375

и 156–161 млн м³, или 2226 и 954 млн м³ за сезон с мая по октябрь (табл. 1). Важно понимать, что этот сток не изымается из реки.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА

Общие вопросы

Одним из важных, но нормативно не утвержденным участником водохозяйственного комплекса казахстанского участка р. Урал следует считать рыбное хозяйство и природоохранную отрасль. Речь идет о поддержании биопродуктивности и биоразнообразия пойменных природных комплексов, воспроизводстве основных представителей ихтиофауны. Обеспечение этих условий требует повышенных расходов воды в определенный период года. Во время половодья: 1) происходит затопление речной поймы, благотворно влияющее на состояние почвенно-растительного покрова и на продление “жизни” пойменных водоемов; 2) обводняются нерестилища рыб с сохранением в течение необходимого времени нужных глубин и скоростей течения, промываются зимовальные ямы; 3) промывается и очищается от мусора русло, удаляются накопившиеся в донных отложениях загрязняющие вещества. Однако это довольно большие объемы стока, к тому же, как правило, в период наполнения водохранилищ. Они до сих пор научно не обоснованы и нормативно не закреплены. Одна из причин — разные мнения по выбору методики определения таких расходов воды.

В СССР, а затем в России и странах СНГ вопросами экологического стока занимались Б.В. Фащевский, В.Г. Дубинина и их коллеги [9–11, 39]. Ими научно обоснована и введена в употребление своя система понятий, обозначающих некое обязательное количество воды в реке, остающееся от естественного стока, которое необходимо для обеспечения экологического благополучия водного объекта, его обитателей и околородных экосистем, сохранения восстановительного потенциала экосистемы, а также для поддержания необходимых условий водопользования. Систематическое снижение стока воды ниже этих величин ведет к тем или иным негативным последствиям. При обосновании критических расходов воды предлагались

два подхода. Первый предполагал исследование связей биологических и гидрологических показателей состояния водной и околоводной экосистем (в естественных условиях), позволявших обосновывать пороговые величины стока, уровни воды, скорости течения (0.5–0.6 м/с) и другие гидрологические характеристики. Это — наиболее обоснованный подход, адаптируемый под конкретную реку, но требующий большого массива гидрологических и редких данных о состоянии биоценозов за многолетний период. Хороший пример таких связей приведен для нижнего Дона в [11] и для р. Шу в [24]. Второй подход как упрощение первого и более универсальный может ограничиться использованием лишь гидрологических данных. Экологический сток (ЭС) определяется так:

$$\text{ЭС} = \text{ЕС}(p\%) - \text{ДИ} = \text{ЕС}(p\%) - (\text{КС} (p = 97\%) - \text{ИС} (p = 99\%)), \quad (1)$$

ЕС — естественный сток, привязанный к обеспеченности ($p\%$) или различной водности; ДИ — объемы допустимого безвозвратного изъятия речных вод, после которых в реке сохраняются условия устойчивого и безопасного функционирования водных и околоводных экосистем; КС — критический (для экосистем и гидрографических объектов) сток; ИС — исторически минимальный объем стока, принимаемый для условий 99%-й обеспеченности. В случае неизвестности связей между биологическими и гидрологическими параметрами экосистем разрешено принимать КС 97%-й обеспеченности. В [1] КС найден следующим образом: вначале определен расход воды, выше которого начинается затопление поймы; затем определен объем стока половодья для лет, когда этот расход не превышался (КСП), затем — соответствующий ему критический годовой объем стока (КСГ+КСП) и его обеспеченность КСГ. ДИ принимается постоянным для различной водности с объемом стока выше базового стока (БС = КС + ДИ). В маловодные годы со стоком ниже БС и даже КС безвозвратное изъятие разрешается, но лишь для обеспечения приоритетных водопотребителей.

Внутригодовое распределение ЭС в годы различной обеспеченности рассчитывается в соответствии с гидрографом условно-естественного стока. Причем, если в отдельные периоды расчет-

ное безвозвратное изъятие приводит к ИС, его необходимо снизить. Предложения В.Г. Дубининой и др. в [1] использованы при составлении “Методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты” [23]. Массово они реализованы при составлении бассейновых СКИОВО — в середине 2010-х гг.

Для казахстанского участка Урала расчеты экологического стока выполнены и опубликованы в работе [24], но использован подход, базирующийся только на гидрологических данных, без учета гидрологических и водно-биологических особенностей нижнего Урала. Согласно расчетам, экологический сток за год для обеспеченностей 25, 50, 75 и 95% равен соответственно 8.76, 6.3, 4.0 и 3.45 км³. Дано его распределение по месяцам. Но опорным постом выбран Кушум, хотя между ним и границей РФ—Казахстан находятся главные водопотребители — Кушумский канал, водозаборы г. Уральска, а также несколько притоков. В [35] приведены среднемноголетние показатели воспроизводства белуги, осетра и шипа за период 1990–2006 гг., увязанные с водностью года. Отмечено, что наиболее низкая эффективность воспроизводства осетровых пород рыб фиксируется при объеме годового стока в среднем <3.5 км³. Интересно, что величина стока в [35] очень близка к той, которая приведена в [24], и соответствует 95%-й обеспеченности. В маловодные годы проход на нерест белуги, осетра и шипа уменьшается в среднем на 52, 57 и 38% по сравнению с многоводными годами, средняя масса скатившейся обратно в море молоди — соответственно на 25, 29 и 74%.

Есть еще одно важное понятие в системе терминов, относящихся к экологическому стоку, — это минимально допустимый расход воды, который должен оставаться в реке для поддержания водных объектов в состоянии, соответствующем экологическим требованиям. Для нижнего бьефа водохранилищ его обозначают как “санитарный попуск”. О нем говорится в СанПиН 3907-85 и в письме Министерства природных ресурсов РФ от 17.01.1997 г. “О Временных методических рекомендациях по установлению минимально допустимых расходов воды” [43]. Во втором документе указано, что “...при отсутствии обоснований для рек или их участков, имеющих рыбохо-

зяйственное значение, минимально допустимые расходы воды принимаются для меженного периода не ниже минимального месячного расхода 95% обеспеченности, а для периода половодья не ниже 75% от месячных расходов низкого половодья 95%-й обеспеченности по объему, но не менее минимально допустимого расхода для меженного периода...". Важно, что, согласно [24], в Казахстане это правило тоже действует.

Расчет минимально допустимого стока

При расчете минимально допустимого стока использованы рекомендации МПР РФ [43] для рек или отдельных участков, имеющих особо важное рыбохозяйственное значение. Вначале методом реального года было рассчитано внутри-годовое распределение стока по месяцам для года 95%-й обеспеченности. При этом использованы месячные данные за 1938–1968 гг. (условно-естественный период), объединяющие сток рек Урал (пост Оренбург), Сакмары (Каргала), Илек (Чилик), Утвы (Григорьевка) и Киндели (Магнитострой), т. е. с территории 154.5 тыс. км²; причем месячные расходы воды пересчитаны с учетом времени добегания до поста Январцево – по среднесуточным расходам воды. Для постов Оренбург и Каргала это время составило 11–12 сут, для Чилика – в среднем 7–8 сут. К этому стоку был добавлен сток с водосбора (~18900 км²), расположенного между упомянутыми постами и государственной границей (пост Январцево), рассчитанный по методике для случаев отсутствия данных и для $p = 95\%$. Для расчета минимально допустимого стока во время половодья (IV–VI) объединенные месячные объемы перемножались на 0.75. Итоги расчета минимально допустимого, по сути – базисного, экологического стока, ниже которого подачу воды в русло нижнего Урала нормативно снижать не рекомендуется, приведены в табл. 1. Это вариант 1г.

Расчет стока, необходимого поймам и нерестилищам осетровых пород рыб

Базисный экологический сток не способствует нормальному воспроизводству осетровых и обводнению поймы. Достижение этих целей возможно лишь при больших и продолжительных расходах, прежде всего во время половодья.

Согласно данным Института степей УрО РАН (г. Оренбург) [29], их обновленной (в 2023 г.) версии и сведениям из [26], выше г. Уральска расположено 24 нерестилища (по состоянию на 1981–1982 гг.), от г. Уральска до дельты – 68. Их местоположение известно. Причем эффективными нерестилищами считаются русловые, сложенные средним и крупным аллювием, с комфортными скоростями течения. Выше г. Уральска площадь русловых нерестилищ равна 77% общей, ниже по течению доля русловых нерестилищ в 2016 г. была 82.5%; т. е. русловых нерестилищ большинство, и это обеспечивает приемлемый уровень воспроизводства осетровых пород рыб даже при низких половодьях. Остальные нерестилища размещаются на пойменных берегах и требуют затопления более высокими водами. Но маловодные годы неблагоприятны не только из-за исключения пойменных нерестилищ из процесса воспроизводства, но также, во-первых, по причине большего выедания другой рыбой икры, отложенной осетрами на русловых нерестилищах, поскольку в этом случае концентрация икринок на 1 га увеличивается [13]; во-вторых, из-за большей доли личинок в общем числе скатывающейся в море осетровой молоди, так как личинки менее приспособлены к морской воде.

Период, в течение которого требуются повышенные расходы воды, начинается с момента подхода осетра к устью Урала, реагирующего на весеннее распреснение взморья и нагрев воды, и с захода рыбы в реку. Массовый весенний ход русского осетра, самого распространенного (наряду с севрюгой) здесь представителя осетровых, происходит в среднем во второй половине апреля – первой декаде мая [13]. Помимо времени на проход рыбы вверх по течению реки (до нерестилищ), расчетный период включает в себя время на откладывание икры (в среднем 5–10 сут), развитие предличинок (примерно 10–14 сут) и скатывание к морю, которое начинается с середины мая. Необходимо понимать, что есть и другие формы осетровых пород рыб, которые нерестятся в другие сезоны года. Но весенняя форма самая многочисленная.

Построены зависимости количества скатившейся к устью Урала молоди и прошедших

сверху по течению на нерест производителей осетра от сумм среднемесячных расходов воды за апрель–июнь на посту Январцево (рис. 4). Суммы расходов воды получены расчетным путем, т. е. использован тот же ряд, что и при решении предыдущей задачи. Рыбохозяйственные показатели заимствованы из [12, 13]. Они охватывают период с 1972 по 2009 г. – с антропогенно нарушенными условиями воспроизводства осетровых, но вне современного маловодного периода. Построенные зависимости оказались неоднозначными, и высокоурожайные и урожайные условия для осетра (с обеспеченностью поголовья производителей и малька в диапазонах <25 и 25–50%, по рекомендациям из [11]) достигаются в определенных диапазонах суммарного за апрель–июнь водного стока. Они соответствуют обеспеченностям объемов стока за половодье в среднем 20–70 и 15–90% (для условий естественного стока). Пик достигается при обеспеченностях примерно 30–45%, т. е. в средние по водно-

сти половодья. Второй вывод – численность производителей осетра, прошедших на нерест, с 1994 г. явно сократилась. И причина – не в малой водности реки и низких половодьях, поскольку маловодный период начался намного позже, а в браконьерском вылове в постсоветское время [13]. Это положение стало исправляться административными мерами лишь в XXI в., но с 2008 г. ухудшились гидрологические факторы воспроизводства – наступило длительное маловодье. Третий вывод как развитие предыдущего тезиса следующий: между численностями производителей и скатившейся молодежи до 1994 г. существовала вполне определенная прямая связь. После она нарушилась.

Еще один природный водопользователь – это обширные поймы нижнего Урала (с древними дельтами) и их экосистемы [15, 31, 40]. Сокращение продолжительности, площади и частоты затопления поймы ухудшает плодородие почв, снижает продуктивность и видовое разнообразие пойменных фитобиоценозов [2, 16, 34]. Причем в засушливых районах и на засоленных отложениях Прикаспийской низменности негативный эффект усиливается. Но каких-либо, даже общих, рекомендаций и тем более предметных научных исследований в отношении критических и оптимальных параметров затопления поймы р. Урал обнаружить не удалось. И, вероятнее всего, единого мнения в этом вопросе быть не может, поскольку велика роль местных факторов. Тем не менее некоторые решения выработать можно, если взять за основу результаты исследований связи параметров лиманного орошения с продуктивностью естественных сенокосов в похожих по своим физико-географическим условиям районах. Такие ценные сведения почерпнуты из работ [3, 14, 16, 22, 25, 28, 33, 37]. По итогам анализа этих и других работ, из бесед со специалистами следует, что минимальный срок затопления поймы – 4–7 сут, максимальный – 30–40 сут. Оптимальная продолжительность затопления, вероятно, находится в диапазоне от 20 до 30 сут. Такой режим затопления допускает существование большинства кустарников, древесных пород (редких для этой природной зоны) и пойменного травостоя. В то же время, если лиманы как элемент гидротехнической системы можно опорожнить довольно быстро, то освободи-

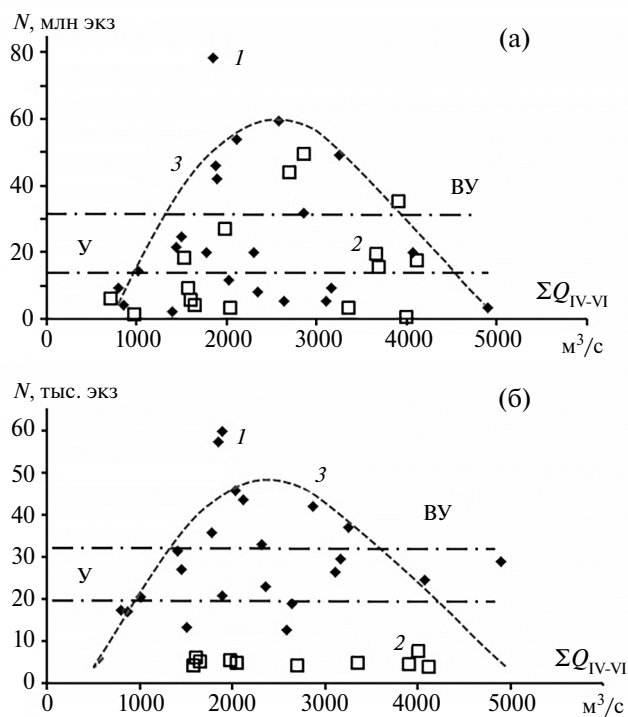


Рис. 4. Зависимости количества скатившейся в устье р. Урал молодежи (а) и прошедших на нерест (вверх по течению) производителей осетра (б) от суммы среднемесячных расходов воды за апрель–июнь на посту Январцево. Данные по осетровым за 1972–2009 гг. взяты из работ [12, 13]. 1 – данные до 1993 г., 2 – данные начиная с 1994 г., 3 – верхняя огибающая; ВУ – высокоурожайные, У – урожайные условия.

ждение поймы от разлившихся речных вод — это инерционный природный процесс, человеком неконтролируемый. Поэтому продолжительность затопления поймы, определяемую по положительной разности уровня в реке и отметки бровки поймы, следует закладывать меньше, возможно, начиная с 10–15 сут. Рост температуры воздуха и вышедшей на пойму воды требует снижения продолжительности и глубины затопления. Особенно неблагоприятен этот фак-

тор в конце затопления. Оптимальная глубина затопления начинается от 0.1–0.3 м. Наиболее оптимальным и экономически целесообразным для затопления пойменных лиманов признается сток 25%-й обеспеченности.

Чтобы оценить необходимые расходы воды непосредственно в низовьях р. Урал, были определены высотные отметки начала затопления поймы на участках постов. Источником данных

Таблица 2. Характеристики затопления поймы р. Урал в пределах Республики Казахстан

Характеристика	Число лет с затоплениями	Повторяемость, %	Продолжительность*, сут	Дата*	Глубина затопления*, см
пост Уральск, 1938–1974 гг.					
Средняя	16	43	32	22 апреля	140
Наибольшая/год	-	-	52 / 1946	13 мая / 1966	325 / 1942
Наименьшая/год	-	-	3 / 1966	27 март / 1947	1 / 1966
пост Уральск, 1975–2021 гг.					
Средняя	18	38	25	28 апреля	98
Наибольшая/год	-	-	46 / 1993	20 мая / 2007	233 / 1994
Наименьшая/год	-	-	6 / 1986	11 апреля / 1991	11 / 1982
пост Кушум, 1912–1918, 1921–1935 гг.					
Средняя	18	82	40	18 апреля	252
Наибольшая/год	-	-	77 / 1914	1 мая / 1918	364 / 1922
Наименьшая/год	-	-	13 / 1925	1 апреля / 1914	27 / 1925
пост Кушум, 1936–1974 гг.					
Средняя	23	59	37	18 апреля	209
Наибольшая/год	-	-	69 / 1941	11 мая / 1969	443 / 1942
Наименьшая/год	-	-	6 / 1969	26 март / 1947	11 / 1956
пост Кушум, 1975–2021 гг.					
Средняя	25	53	37	23 апреля	171
Наибольшая/год	-	-	67 / 2002	7 апреля / 2002	334 / 1994
Наименьшая/год	-	-	7 / 2016	20 мая / 1979	19 / 2016
пост Мергенево, 1942–1974 гг.					
Средняя	6	19	13	-	105
Наибольшая/год	—	—	22 / 1946		178 / 1942
Наименьшая/год	—	—	6 / 1947		4 / 1970
пост Калмыково, 1927–1943, 1948–1966, 1968–1969, 1971–1974 гг.					
Средняя	4	10	11	9 мая	115
Наибольшая/год	—	—	15 / 1957	-	187 / 1942
Наименьшая/год	—	—	6 / 1941	-	21 / 1941
пост Тополи, 1933–1934, 1936–1972 гг.					
Средняя	21	55	46	28 апреля	225
Наибольшая/год	—	—	81 / 1941	12 мая / 1958	536 / 1942
Наименьшая/год	—	—	18 / 1953	2 апреля / 1947	46 / 1953

*Расчет проводился с исключением лет, когда затопление поймы не происходило.

послужили сведения из гидрологических справочников, из публикаций [31, 36] и материалы Казгидромета. Для поста Тополи они определены автором настоящей статьи по кривым расходов. Выполнен расчет повторяемости, продолжительности и глубины затопления поймы путем сравнительного анализа графиков внутрigoдовых колебаний среднесуточных уровней, построенных за каждый год, и критических отметок. Выяснено, что затопление поймы р. Урал происходило не каждый год: в среднем 1 раз за 2 года (рис. 3, табл. 2). На каких-то участках затопление наблюдалось чаще. За период 1912/1936–2021 гг. доминирует тенденция снижения повторяемости и масштаба затопления поймы. Причем оно фиксируется намного раньше пуска Ириклинского гидроузла – примерно с середины 1930-х гг. Именно в этот период резко снижается сток соседней Волги и падает уровень Каспия [38]. Новое резкое уменьшение соответствует началу современного глубокого маловодья – с 2008 г. Средняя продолжительность затопления поймы составляет 30–40 сут, максимальная – 2.0–2.5 мес. В верхней части рассматриваемого участка Урала затопление поймы начинается в середине–начале третьей декады апреля, в нижней – в конце апреля – начале мая.

В итоге, если принимать оптимальную продолжительность затопления поймы в диапазоне 20–30 сут, а глубины – от 0.5 до 1.0 м, то им будут соответствовать объемы стока за половодье обеспеченностью от 30 до 50% с учетом связей между параметрами затопления поймы и суммой месячных расходов воды. Если же рассматривать связи между показателями численности осетровой молоди и параметрами затопления поймы, то оказывается, что наилучшие условия формируются при затоплении поймы на 30 сут и глубиной до 1 м (p – 30–40%). Таким образом, установлено, что наиболее благоприятные экологические условия при учете интересов как водных, так и околводных экосистем соответствуют стоку половодья 30–50%-й обеспеченности. Поскольку не каждый год можно удерживать весенний сток на столь высоком уровне, обоснование диапазона благоприятных гидрологических условий позволяет более эффективно и с минимальным ущербом для ихтиофауны и почвенно-растительного покрова регулировать макси-

мальный сток. С учетом распределения стока по месяцам в годы с половодьем соответствующей обеспеченности рассчитан гидрограф с апреля по июнь для $p = 35\%$ (вариант 1д) и $p = 50\%$ (вариант 2д) (табл. 1). Также рассчитан вариант 3д для $p = 70\%$, т. е. когда пойма почти не затопляется, но поддерживаются урожайные условия для воспроизводства осетра.

ВАРИАНТЫ ГИДРОГРАФА РЕКИ УРАЛ НА ГРАНИЦЕ РОССИИ И КАЗАХСТАНА

Окончательный минимально допустимый гидрограф р. Урал на границе России и Казахстана (участок поста Январцево) должен включать: 1) минимально необходимый сток W_1 – вариант 1г; 2) объемы, необходимые участникам водохозяйственного комплекса Западно-Казахстанской и Атырауской областей, W_2 с учетом их современных потребностей – варианты 1а и 1б. В случае учета интересов судоходства к ним следует добавлять объемы W_3 , соответствующие варианту 1в, но только если $W_3 > (W_1 + W_2)$ и лишь на величину $\Delta W_3 = W_3 - (W_1 + W_2)$. Но это не приоритетная отрасль, хотя увеличение стока летом–осенью, когда $W_3 > (W_1 + W_2)$, благоприятно бы влияло на гидроэкологическую обстановку. В итоге получаем гидрограф с минимальным набором требований по воде, или вариант 0 с годовым стоком 2.61 км^3 (табл. 1), а без потребностей судоходства – 2.44 км^3 . Это меньше величины ЭС для $p = 95\%$, приведенного в [24, 35], т. е. это совсем “жесткий” вариант. В то же время этот вариант исполнялся с 1938 по 2020 г. в 96–98% случаев весной, в 83–98% – летом–осенью, в 93–99% – в холодный сезон.

Стандартный вариант включает: 1) большие объемы для участников водохозяйственного комплекса Западно-Казахстанской и Атырауской областей с учетом его потенциала и перспектив развития (варианты 2а и 2б); 2) минимальные объемы для судоходства (вариант 1в); 3) удовлетворение минимальных нужд природоохранной отрасли W_4 в виде варианта 3д. При этом, как и в случае с водным транспортом, действует следующее правило: $(W_1 + W_2)$ увеличиваем на ΔW_4 , которую находим как $W_4 - W_1$. Это – вариант 1 (табл. 1). Он практически соответствует ЭС ($p = 50\%$) из [24]. Этот вариант достигался со-

ответственно в 51–60, 83–93 и 70–95% случаев. В условно-естественный период исполняемость была хуже.

Вариант, предполагающий оптимум гидрологических условий для нормального воспроизводства осетровых и функционирования пойменных экосистем, базируется на варианте 1 с заменой варианта 3д на вариант 2д. Это вариант 2 (табл. 1). Его реализуемость довольно высокая – 19–63% (1 раз в 2–5 лет), 83–93 и 70–95% случаев соответственно весной, летом–осенью и зимой. Почти такой же она была и в условно-естественный период.

Если придерживаться варианта 1д, то получим наилучший оптимальный вариант 3, но реализуемый весной еще реже и больше ЭС ($p = 25\%$). Совсем затратный вариант предполагает повышенные навигационные попуски, т. е. замену варианта 1в на вариант 2в.

Необходимо отметить, что в расчетах намеренно не учитывается дополнительный приток в Урал вод из рек Чаган, Барбастау и Солянки, как и потери стока на бесприточном участке нижнего Урала вследствие испарения, задержания поймой и фильтрации, поскольку они, как и заборы воды, уже учтены через эмпирические гидробиологические зависимости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе обширных и достоверных гидрологических, биологических и водохозяйственных данных, принимая во внимание результаты предыдущих исследований, прежде всего связанных с разработкой Б.В. Фашевским, В.Г. Дубининой и их коллегами “Методики расчета экологического стока рек”, а также используемые в водохозяйственных расчетах подходы, впервые приблизительно оценен месячный и годовой сток р. Урал на границе России и Казахстана, который не ограничивал бы функционирование основных участников водохозяйственного комплекса (вблизи нижнего Урала), не ухудшал бы качество жизни населения и условия существования водных и околотоводных биоценозов, сохранял бы реку как гидрографический объект. Рассчитанный сток включил в себя распре-

ленные в течение года объемы уральской воды, необходимые городам Уральску и Атырау, сельским поселениям, оросительным и обводнительным каналам в пределах Западно-Каспийской и Атырауской областей (15–20% общего стока), речному транспорту (в основном <1% в сезон низких уровней – август–октябрь), для воспроизводства осетровых пород и сохранения биопродуктивности пойменных экосистем. Причем природоохранная составляющая рассчитанного стока впервые обоснована (для р. Урал) по результатам анализа построенных связей между биологическими и гидрологическими показателями. Она наибольшая (от 4.5 до 7.5 км³ без учета минимально допустимого стока) и “вступает в конфликт” с необходимостью аккумуляции весной основными уральскими водохранилищами больших объемов речной воды. Правда, эти объемы из р. Урал не изымаются, они необходимы лишь для затопления поймы и пойменно-русловых нерестилищ.

Рассчитаны четыре варианта подачи воды на казахстанский участок Урала. Первый вариант (минимальный) предполагает объем стока за год, равный 2.61 км³. Второй вариант (стандартный) требует 6.3 км³ воды в год и реализовывался за 1938–2020 гг. в 55–90% случаев, особенно хорошо – в лимитирующий период. Третий и четвертый варианты (оптимальные) – 7.8 и 9.3 км³. Во всех вариантах наибольшие расходы воды приходятся на май и апрель, что связано с необходимостью именно весной подавать воду в Кушумский и другие каналы, наполнять кушумские водохранилища, затапливать нерестилища и обводнять поймы, промывать русло.

Если не учитывать интересы водного транспорта, который так и не стал по разным причинам полноценным субъектом водохозяйственного комплекса, то исполнение этих требований облегчается из-за уменьшения требуемых объемов стока. Кроме того, важно понимать, что часть стока р. Урал, поступающего к границе РФ–Казахстан, в действительности формируется и регулируется водохранилищами на границе Республики Казахстан (бассейны рек Утвы, Илек, Ори и др.). Поэтому обеспечение рекомендуемого стока – совместная задача двух государств с обязательным учетом интересов

и возможностей уже сложившегося выше по течению водохозяйственного комплекса, его главных субъектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / Отв. ред. *Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева*. М.: Наука, 2003. 367 с.
2. *Барышников Н.Б.* Морфология, гидрология и гидравлика пойм. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 280 с.
3. *Биримкулова Б.А.* Совершенствование конструктивных элементов и технологии затопления пойменных лиманов Центрального Казахстана. Автореф. дис.... канд. с.-х. наук. Алматы: КазНИИ вод. хоз-ва, 2009. 24 с.
4. Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана (дельта реки Урал и прилегающее побережье Каспийского моря). Астана, 2007. 264 с.
5. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. V. Вып. 2. Обнинск, Актыбинск, Алматы, 1984–1997.
6. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ч. 1. Вып. 4. Алматы, Астана, 2000–2022.
7. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Ежегодное издание. Л., СПб., М., 1981–1992.
8. *Демин А.П.* Использование водных ресурсов России: современное состояние и перспективные оценки. Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. М.: ИВП РАН, 2011. 51 с.
9. *Дубинина В.Г.* Методические основы экологического нормирования безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока (попуска). М.: Экономика и информатика, 2001. 118 с.
10. *Дубинина В.Г., Гаргона Ю.М., Чебанов М.С., Катунин Д.Н., Филь С.А.* Методические подходы к экологическому нормированию антропогенного сокращения речного стока // Вод. ресурсы. 1996. № 1. С. 78–85.
11. *Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Скачедуб Е.А., Коронкевич Н.И., Чебанов М.С.* Методические подходы к экологическому нормированию безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока (попуска) // Вод. хоз-во России. 2009. № 3. С. 26–61.
12. *Исбеков К.Б., Камелов А.К., Асылбекова С.Ж., Куликов Е.В., Кадимов Е.Л.* Современное состояние естественного воспроизводства осетровых рыб в реке Урал // Вестн. АГТУ. Сер.: Рыбное хоз-во. 2018. № 2. С. 81–88.
13. *Камелов А.К.* Современное состояние популяции русского осетра р.Урал и мероприятия по ее восстановлению. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань: АГТУ, 2004. 24 с.
14. *Кириллов А.В.* Лиманное орошение — средство повышения урожайности сеяных трав // Изв. Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2008. № 3 (19). С. 42–45.
15. *Кокин П.П.* Гидрология среднего и нижнего течения реки Урала // Тр. Казахст. филиала АН СССР. Вып. 11. Т. 2. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1938. С. 87–152.
16. *Комиссаров А.В.* Оптимизация водного режима почв и минерального питания многолетних трав и пропашных культур в агроэкологических условиях Южного Урала. Автореф. ... докт. с.-х. наук. Уфа: Башкир. гос. аграр. ун-т, 2016. 42 с.
17. *Магрицкий Д.В.* Водохозяйственная деятельность в Российской части бассейна р.Урала: прошлое и настоящее // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Тр. IX Всерос. науч.-практ. конф. Пермь, 2023. Т. 1. С. 270–275.
18. *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.
19. *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.
20. *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.
21. *Магрицкий Д.В., Кенжебаева А.Ж.* Особенности и размеры влияния водохозяйственной деятельности на сток р. Урал в пределах Казахстана // Проблемы комплексной безопасности Каспийского макрорегиона. Материалы междунаrod. науч.-практ. конф. Астрахань, 2021. С. 112–119.
22. *Мамин В.Ф., Савельева Л.Ф.* Лиманы — кладовые кормов. Волгоград, 1986. 144 с.
23. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты. М., 2007. 56 с.

24. Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана / Под ред. *М.Ж. Бурлибаева*. Алматы: Каганат, 2014. 408 с.
25. *Нежуховский Р.А.* Наводнения на реках и озерах. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 183 с.
26. Нерестилища осетровых рыб р. Жайык. Атлас. Алматы, 2017. 157 с. 200 ил.
27. *Онаев М.К.* Оценка периодичности затопления и восстановления продуктивности лиманов // *Агрономия и лесное хоз-во*. 2017. С. 91–93.
28. *Онаев М.К., Турганбаев Т.А., Сапарова Н.А.* Продуктивность естественного травостоя на инженерных лиманах при многолетней эксплуатации // *Мелиорация и водное хоз-во*. 2013. № 1. С. 5–7.
29. Паспортизация нерестилищ осетровых рыб на среднем плесе р. Урал: атлас. Оренбург: Оренб. сельхозхоз. ин-т, 1983. 146 с.
30. Проект “Реконструкция канализационных очистных сооружений в городе Атырау”. Т. 4. Охрана окружающей среды. Пояснительная записка. Караганда: ЭКОМ, 2018. 110 с.
31. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало-Эмбинский район. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 511 с.
32. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Ежегодное издание. Алматы, Астана, 2010–2018.
33. *Сабиров М.С.* Лиманное орошение. Алма-Ата: Изд-во Кайнар, 1966. 172 с.
34. *Сурков В.В.* Динамика природных комплексов поймы верхней Оби в условиях сокращения ее затопления // *География и природ. ресурсы*. 1998. № 2. С. 102–109.
35. Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Урал (Жайык) с притоками в 6 томах и 11 кн. Алматы: ПК “Институт Казгипрводхоз”, 2007.
36. *Тленбеков О.К.* Гидрология устьевой области Урала. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Балхаш: Каз. гос. ун-т, 1967. 23 с.
37. *Туктаров Б.И., Мосиенко Н.А. и др.* Интенсификация производства кормов на лиманах Саратовской области: Рекомендации. Саратов, 1997. 41 с.
38. Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления / Под ред. *В.Н. Михайлова*. М.: ГЕОС, 2013. 703 с.
39. *Фащевский Б.В.* Экологическое обоснование допустимой степени регулирования речного стока. Минск: БелНИИНТИ, 1989. 51 с.
40. *Чибилев А.А.* Бассейн Урала: история, география, экология. Екатеринбург, 2008. 312 с.
41. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V15Z0004049>
42. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014252>
43. <https://businesspravo.ru/Docum/>
44. <https://ecoportal.kz/>
45. <https://eikos.kz/snip/>
46. <https://www.google.com/earth/>
47. <http://info.geology.gov.kz>
48. <https://nadezhda.kz/>
49. <https://online.zakon.kz/document/>
50. <https://primeminister.kz/ru/decisions/>
51. <https://unece.org/ru>
52. <https://www.gov.kz/>
53. <https://yandex.ru/maps/>

ASSESSMENT OF THE EXISTING AND FUTURE NEEDS FOR RIVER WATER IN THE KAZAKHSTAN SECTOR OF THE URAL RIVER

D. V. Magritsky*

Institute of Water Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119333 Russia

Moscow State University, Moscow, 119991 Russia

**e-mail: magdima@yandex.ru*

Based on stationary and expeditionary hydrological data and information about the water management complex and volumes of water use, we have calculated for the first time the minimum permissible, average, and optimal hydrographs (in monthly increments) of the influx of Ural waters from Russia to the West Kazakhstan and Atyrau regions, which would not limit the functioning of the main participants of the Kazakhstan water management complex, would not deteriorate the quality of life of the population and existence conditions for aquatic and near-water biocenoses, and would preserve the river as a hydrographic object. The resulting hydrographs summarize (1) the values of current and future water consumption in the cities of Uralsk and Atyrau and numerous rural settlements, as well as water intake by irrigation and water supply canals, including the Kushum Canal; (2) the needs of river navigation for controlling depths and continuous navigation from May to October; (3) the environmental flow necessary for the reproduction of sturgeon fish species and the preservation of the bioproductivity and biodiversity of floodplain ecosystems. The latter element required nonstandard solutions, including those based on the existing domestic approaches to determining critical and optimal values (with respect to floodplain—channel ecosystems) values. Another and completely new result of this research is analysis of the long-term dynamics of maximum and minimum levels in the lower reaches of the Ural River and the frequency, duration, and depth of floodplain flooding

Keywords: river, floodplain, canal, station, flow and water levels, water consumption, navigation, sturgeon, floodplain ecosystem.