

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ В РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ УРАЛ: ТРЕНДЫ, ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ¹

© 2024 г. А. П. Демин*

Институт водных проблем РАН, Москва, 119333 Россия

**e-mail: deminar@mail.ru*

Поступила в редакцию 30.01.2024 г.

После доработки 21.03.2024 г.

Принята к публикации 25.03.2024 г.

Показаны изменения объемов водопотребления и водоотведения, массы сброса загрязняющих веществ в российской части бассейна в связи с изменяющимися социально-экономическими и технологическими условиями и оценена трансформация качества воды в р. Урал. Выявлено, что с 1990 по 2022 г. забор воды в российской части бассейна р. Урал для удовлетворения нужд населения и хозяйства сократился в 3.9 раза. Среднесуточное удельное водопотребление на 1 жителя снизилось во всех регионах. Коэффициент водооборота в бассейне вырос с 70.3 до 91.6%. Масса сброса большинства загрязняющих веществ, содержащихся в составе сточных вод, снизилась в 3–20 раз, но по пяти веществам отмечается заметный рост сброса. В верховьях р. Урал за 2008–2020 гг. качество воды по удельной величине комбинаторного индекса загрязненности воды практически не изменилось, в среднем течении наблюдается улучшение качества воды.

Ключевые слова: забор воды, оборотное водоснабжение, среднесуточное удельное водопотребление, орошение земель, сточные воды, сброс загрязняющих веществ, качество воды.

DOI: 10.31857/S0321059624050019 **EDN:** VYFDTE

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы водопользования приобретают все большую актуальность в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов, особенно в регионах с развитым промышленным и сельскохозяйственным производством. Такое сочетание характерно для бассейна трансграничной р. Урал, территория которого относится к регионам с высоким природно-ресурсным потенциалом и интенсивным аграрно-промышленным развитием [33]. На территории бассейна размещаются крупные промышленные узлы: Магнитогорский в Челябинской области, Оренбургский, Орский и Медногорский в Оренбургской области, а также предприятия городов Учалы, Сибай, Миндяк (Республика Башкортостан).

В бассейне Урала заметная часть населения потребляет воду для своих нужд из поверхност-

ных источников. На юго-востоке Башкирии отмечена повышенная заболеваемость населения, обусловленная в том числе экологическими и биогеохимическими факторами. Концентрация железа и марганца в питьевой воде в ряде случаев значительно превышает нормативные значения [30]. Цель статьи – показать изменения объемов водопотребления и водоотведения, массы сброса загрязняющих веществ в российской части бассейна в связи с изменяющимися социально-экономическими и технологическими условиями и оценить трансформацию качества воды в р. Урал.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исходных материалов для анализа изменения объемов забираемых и отводимых в поверхностные водные объекты бассейна р. Урал сточных вод, а также сброса загрязняющих веществ в их составе использовались данные государственной статистической отчетности (форма 2-ТП (водхоз)) за период 1990–2022 гг., опубликованные в материалах государственного водно-

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания ИВП РАН (тема FMWZ-2022-0001).

го кадастра, сборниках “Воды России (состояние, использование, охрана)”, статистических сборниках “Водные ресурсы и водное хозяйство России”, содержащиеся в материалах автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов Российской Федерации [2–10, 14, 28]. Для анализа развития орошаемого земледелия использовались материалы Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. [19–21], данные региональных отделений Управления мелиорации земель по оценке и учету орошаемых сельскохозяйственных угодий и технического состояния оросительных систем [18], по наличию дождевальных машин и установок [27]. Анализ динамики качества поверхностных вод выполнен на основе данных гидрохимической сети Росгидромета [22], докладов о состоянии и об охране окружающей среды по субъектам РФ [11–13, 17, 24], а также научных публикаций [1, 23, 25].

В соответствии с поставленными задачами исследование проведено на основе системного подхода с использованием следующих методов: 1) аналитического (сбор и систематизация первичной информации по объемам отводимых сточных вод, сбросам загрязняющих веществ); 2) специальных (на основе собранных материалов составлены таблицы, построены диаграммы); 3) статистической обработки данных и сравнительного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Урал – третья по длине река Европы (2428 км) с площадью бассейна (включая бессточные районы) ~380 тыс. км². Верховье бассейна находится в Республике Башкортостан и в Челябинской области, средний участок – в Оренбургской области, нижний участок – в Актюбинской, Западно-Казахстанской и Атырауской областях Республики Казахстан. Российская часть бассейна р. Урал занимает территорию площадью 123.2 тыс. км² (по данным [12, 13, 17]).

Республика Башкортостан и Челябинская область занимают небольшую территорию бассейна, но их роль в формировании общей гидролого-экологической ситуации весьма высока. Здесь формируются значительные объемы

речного стока, сбрасывается много загрязняющих веществ как в составе сточных вод, так и с диффузным стоком. Три муниципальных района республики, а также городской округ Сибай полностью расположены на территории бассейна Урала, большая часть еще пяти районов (включая города Баймак и Учалы) – частично. Численность сельского населения значительно преобладает над городским. Из Челябинской области территории двух муниципальных районов входят в бассейн Урала полностью, еще четыре (включая два города и два поселка городского типа) – частично. Кроме того, здесь находится городской округ Магнитогорск с крупными промышленными предприятиями, что предопределяет значительное преобладание городского населения над сельским.

Почти две трети территории Оренбургской области расположены в бассейне Урала. Одиннадцать муниципальных районов области входят в бассейн Урала полностью, еще 8 – частично. Кроме того, здесь расположено много промышленных центров: городские округа Оренбург, Гай, Кувандык, Медногорск, Новотроицк, Орск, Соль-Илецк, Ясный. В области развито как аграрное, так и промышленное производство. Всего в российской части бассейна Урала на 01.1.2021 проживало 2.31 млн человек, в том числе 1.55 млн горожан (17 городов и поселков городского типа) [15].

На территории бассейна р. Урал функционирует сложившийся многоотраслевой водохозяйственный комплекс, основные участники следующие: водоснабжение всех категорий (промышленное, включая тепловые электростанции, коммунально-бытовое и сельскохозяйственное), орошаемое земледелие, прудовое рыбное хозяйство (в начальный период). Структура водопотребления в российской и казахстанской частях бассейна существенно различалась как в советский период, так и в настоящее время. Так как в пределах российской части территории бассейна сформированы крупные индустриальные центры, то основная доля водных ресурсов используется на производственные нужды. В казахстанской части >80% воды используется на регулярное и лиманное орошение, а также на рыбное хозяйство [33].

За период 1990–2022 гг. забор воды в российской части бассейна р. Урал для удовлетворения нужд населения и объектов экономики сократился в 3.9 раза – с 2.86 до 0.74 км³ [2–10, 14, 28]. Связано это в основном с падением объемов производства промышленной и сельскохозяйственной продукции и лишь частично с развитием оборотного водоснабжения и с внедрением водосберегающей техники в ЖКХ и сельском хозяйстве (рис. 1).

Заметно три периода очевидных изменений объема водозабора – существенное падение в 1990-х гг., относительная стабильность в 2001–2012 гг. со снижениями в периоды экономических кризисов и дальнейшими подъемами впоследствии, резкое падение после 2012 г. С 2013 г. стало значительно сокращаться производство электроэнергии, что потребовало меньших объемов воды для охлаждения конденсаторов. Доля электроэнергетики в общем объеме водозабора

снизилась с 81% в 2012 г. до 52% в 2022 г. Крупнейший производитель электроэнергии в бассейне – Ириклинская ГРЭС, имеющая 8 энергоблоков суммарной мощностью 2482.5 МВт, комбинированную (прямоточно-оборотную) систему техводоснабжения. Летом после охлаждения конденсаторов турбин отработанная вода через отводящий канал сбрасывается в водохранилище. В зимний период часть нагретой воды уходит через колодец на входной участок обводного канала, закрывая до 50% общего водопотребления.

Забор воды из поверхностных источников всеми потребителями сокращался более стремительными (в 4.7 раза) темпами, чем из подземных источников (1.8 раза).

Объем использования воды на все нужды за 32 года сократился в 4.1 раза, однако темпы и причины снижения по разным видам водопользования различаются очень сильно (рис. 2).

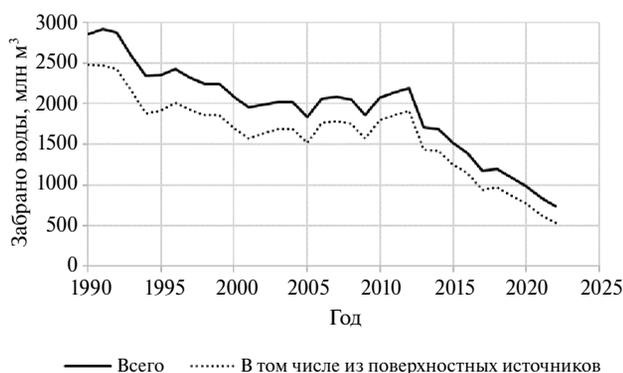


Рис. 1. Объем забранной воды в российской части бассейна р. Урал, млн м³.

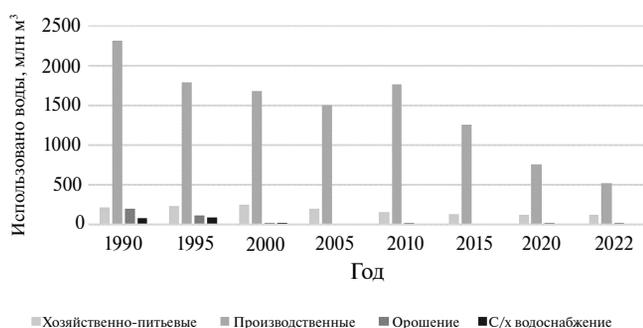


Рис. 2. Объем использованной пресной воды на различные нужды в бассейне р. Урал, млн м³.

Водопользование на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды населения в начальный период росло, так как во многих населенных пунктах, особенно в сельской местности и малых городах, строились водопроводы и росло благоустройство жилого фонда. После 2000 г. в результате различных причин объем водопотребления населением в бассейне Урала сократился в 2 раза – с 241.3 до 121.6 млн м³. Одна из причин – снижение численности населения, как и в большинстве регионов России. Так, в Челябинской части бассейна Урала с 2002 по 2022 г. население сократилось на 33.5 тыс. чел. (6.3%), на территории Республики Башкортостан – на 30.5 тыс. чел. (8.6%), в Оренбургской части бассейна Урала – на 198.6 тыс. чел. (12.3%). Более важная причина – снижение удельного среднесуточного водопотребления жителями. С переходом от оплаты за коммунальные услуги по единому тарифу к оплате за количество потребленных ресурсов жители начали массово устанавливать счетчики на воду, выбирать бытовую и санитарную технику, которая более эффективно расходует ресурсы. Для некоторых категорий жителей рост тарифов на воду оказался существенным. В результате среднесуточное потребление воды жителями на коммунальные нужды резко снизилось (табл. 1).

Таблица 1. Динамика удельного потребления воды на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды на территории субъектов федерации российской части бассейна р. Урал, л/л (сут чел.)

Год	Республика Башкортостан	Челябинская область	Оренбургская область
2004	123	312	240
2005	111	296	215
2006	104	280	213
2007	99	266	216
2008	96	256	213
2009	90	216	215
2010	85	169	211
2011	59	205	184
2012	60	247	168
2013	64	214	155
2014	75	171	154
2015	73	168	168
2016	73	160	148
2017	69	162	117
2018	69	166	130
2019	92	162	139
2020	66	174	144
2021	85	168	142
2022	81	173	157

Максимальное сокращение удельного водопотребления произошло в Челябинской области (в 1.8 раза за 18 лет). Значительные величины потребления воды из систем централизованного водоснабжения связаны с преобладанием (85%) здесь городского населения. В части Республики Башкортостан, относящейся к бассейну р. Урал, эта доля составляет лишь 34%. Благоустройство жилого фонда сельских населенных пунктов и оборудование их водопроводом значительно уступают благоустройству жилого фонда городов, что и отразилось на более низких показателях водопотребления.

В абсолютном выражении максимально сократился объем водопотребления на производственные нужды – с 2314 до 522 млн м³ за 32 года. Основной объем воды в промышленности бассейна Урала (94–97%) расходуется в таких отраслях, как энергетика и металлургия. За последние десятилетия объем производства в этих отраслях заметно сократился, что и стало главной причиной снижения водопотребления. Кроме того, сказался рост оборотного водоснабжения. Самые значимые по мощности системы оборот-

ного и повторного водоснабжения находятся в таких отраслях промышленности, как металлургия, энергетика, топливная промышленность.

При сокращении объема используемой свежей воды на производственные нужды в 4.4 раза объем оборотной и повторно-последовательной воды увеличился с 5.48 до 5.67 км³, а объем суммарного водоснабжения на производственные нужды снизился незначительно. Коэффициент водооборота (отношение объема оборотного и повторно-последовательного водопотребления к валовому водопотреблению на производственные нужды) в целом по бассейну Урала за этот период вырос с 70.3 до 91.6%. В конце 1990-х гг. он снижался, далее был довольно стабильным, но после 2012 г. стал заметно расти.

Объем используемой воды на производственные нужды в промышленности на территории бассейна р. Сакмары невелик и в 1995 г. составлял ~29 млн м³. Основной объем воды на эти нужды в бассейне (~ 90%) расходуется в таких отраслях, как энергетика и ЖКХ. Коэффициент водооборота в бассейне Сакмары уже в 1995 г.

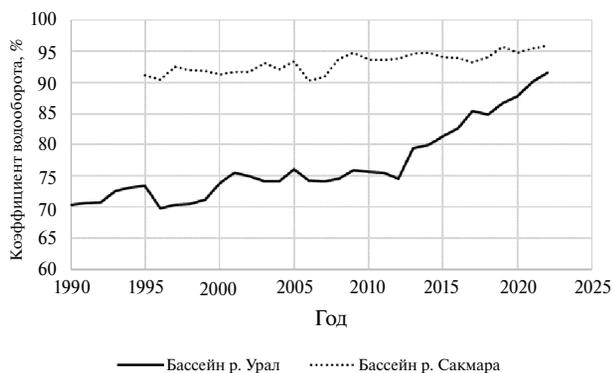


Рис. 3. Динамика коэффициента водооборота в бассейне р. Урал и бассейне р. Сакмары, %.

превышал 91%, тем не менее он постепенно увеличивался и к 2022 г. достиг 95.9% (рис. 3).

Орошаемое земледелие в бассейне Урала активно развивалось в 1970–1980-е гг. Однако с начала 1990-х гг. площадь орошаемых земель (ОЗ) стала существенно сокращаться, что связано с отсутствием необходимого финансового

обеспечения отрасли. Практически разрушена ранее созданная централизованно управляемая система мелиорации земель в стране. Отмечался резкий спад парка дождевальных и поливальных машин, объемов ремонтных работ на насосных станциях, каналах, гидротехнических сооружениях, трубопроводах. Государственные инвестиции в мелиорацию земель в 1991–1995 гг. сократились в 16 раз, а на содержание и ремонт мелиоративных систем выделялось 25–30% требуемых операционных средств. Часть ОЗ передавалась в собственность слабым в финансовом отношении крестьянским хозяйствам (фермерам). Значительные площади ОЗ не поливались из-за отсутствия оборудования, запасных частей, разрывов трубопроводов, ухудшения ремонтной базы. Если в начале 1990-х гг. в регионах бассейна Урала поливалось ~ 90% земель, то к 2022 г. эта цифра снизилась до 20–30% (табл. 2). Еще более значительно за этот период сократилось количество дождевальных машин и установок – от 10 раз в Республике Башкортостан до 36 раз в Челябинской области [27].

Таблица 2. Динамика фактически политых орошаемых угодий, % от наличных угодий

Год	Фактически полито орошаемых угодий, % от наличных		
	Республика Башкортостан	Челябинская область	Оренбургская область
1990	39.8	92.7	89.5
1995	50.2	29.9	60.9
2000	53.9	2.3	63.8
2005	69.1	5.1	30.0
2006	69.1	1.7	32.2
2007	64.5	2.3	16.9
2008	64.5	2.3	16.2
2009	83.4	2.4	22.7
2010	88.2	2.8	27.1
2011	59.2	8.0	26.8
2012	41.0	19.3	22.9
2013	22.0	17.8	22.1
2014	23.2	21.2	22.1
2015	25.5	21.2	18.9
2016	30.1	19.5	18.9
2017	25.4	19.5	20.8
2018	17.0	20.0	20.1
2019	21.3	20.0	18.8
2020	10.3	21.5	18.7
2021	29.4	21.5	18.7
2022	29.4	19.9	21.1

Расчет площади ОЗ в бассейне р. Урал был основан на итогах сельскохозяйственной переписи 2016 г. по трем субъектам федерации [19–21]. Площади ОЗ за более ранние годы определялись как разность между площадью в 2016 г. и площадью введенных в эксплуатацию ОЗ в результате нового строительства и реконструкции ОЗ за соответствующие периоды. Данные по приросту ОЗ после 2016 г. брались из региональных программ по развитию мелиорации.

С 2014 г. в мелиоративном комплексе России намечались положительные сдвиги – улучшилось и стало более стабильным федеральное финансирование, возросли инвестиции в мелиорацию земель местных органов и сельских товаропроизводителей, снизились темпы списания мелиорируемых земель. В связи с принятой Федеральной целевой программой “Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы” началось возрождение мелиорации в стране и площадь ОЗ в бассейне р. Урал стала понемногу расти (табл. 3).

В связи с этим возрос и объем используемой воды на нужды регулярного орошения. Так, уже в 2020 г. он приблизился к объему в конце 1990-х гг. и, несомненно, будет расти и дальше.

Наиболее быстро развивается орошение в Оренбургской области. Она входит в зону рискованного земледелия, и необходимость развития здесь мелиорации земель обусловлена климатическими особенностями региона: засушливым климатом (осадки 250–350 мм в год), высокой солнечной активностью в период вегетации растений, часто повторяющимися засухами. В области действует ведомственная программа по развитию мелиоративного комплекса, а с 2019 г. дополнительно реализуется федеральный проект “Экспорт продукции АПК”, в рамках которого на мелиорацию выделяется значительно больше средств. Только в 2019–2020 гг. в рамках этого проекта в бассейне Урала введено в оборот 3369 га орошаемых земель. За период 1990–2022 гг. объем сброса сточной, шахтно-рудничной и коллекторно-дренажной воды в поверхностные водные объекты российской части бассейна р. Урал сократился в 4.3 раза – с 2257 до 525 млн м³ [2–10, 14, 28]. Связано это в основном с сокращением забора воды для нужд населения и объектов экономики в результате падения производства промышленной и сельскохозяйственной продукции, перехода на замкнутые системы водоснабжения и внедрения водосберегающей техники (рис. 4).

Таблица 3. Площадь орошаемых земель / объем использования воды на нужды регулярного орошения в российской части бассейна р. Урал (тыс. га/тыс. м³)

Год	Республика Башкортостан	Челябинская область	Оренбургская область	Итого бассейн р. Урал
2007	10.61/660	0.84/120	6.60/10120	18.05/10900
2008	10.61/1260	0.84/220	6.83/5440	18.28/6920
2009	10.61/1974	0.84/213	6.95/9108	18.40/11294
2010	10.61/1944	0.84/234	7.20/16683	18.65/18860
2011	10.61/1113	0.84/379	7.45/14364	18.90/15856
2012	10.61/1071	0.84/379	7.45/12847	18.90/14297
2013	11.77/890	1.04/263	7.59/10054	20.39/11217
2014	11.77/1036	1.04/3	7.76/10731	20.57/11770
2015	11.77/1030	1.04/235	7.91/6762	20.72/8026
2016	11.77/1122	1.04/60	7.91/8579	20.72/9760
2017	12.24/1142	1.04/54	8.94/9082	22.22/10278
2018	12.53/1206	1.04/61	9.49/11047	23.05/12313
2019	12.70/1121	1.04/60	11.92/9662	25.66/10843
2020	12.90/547	1.04/210	13.30/19965	27.24/20722
2021	12.90/416	1.04/241	15.25/25181	29.19/25838
2022	13.10/319	1.04/88	15.60/20535	29.54/20942

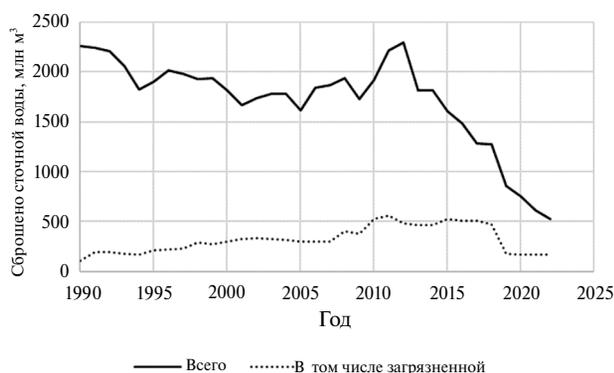


Рис. 4. Объем сброшенной сточной, шахтно-рудничной и коллекторно-дренажной воды в поверхностные водные объекты российской части бассейна р. Урал, млн м³.

Очевидны три периода изменений объема водоотведения — заметное падение в 1990-х гг. в связи с финансово-экономическим кризисом в России, относительная стабильность и подъем в конце 2001–2012 гг. в связи с экономическим ростом, резкое падение после 2012 г. С 2013 г. в регионе стало значительно сокращаться производство электроэнергии, что потребовало меньших объемов воды для охлаждения пара в конденсаторах ТЭС. Резко сократился сброс сточных вод в металлургическом производстве в результате прекращения в ноябре 2018 г. сброса сточных вод ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК) в русло Урала и перехода на замкнутую систему водоснабжения [26].

Наблюдалось повышение доли загрязненных сточных вод в общем объеме отводимых сточных вод — с 4.8% в 1990 г. до 39.7% в 2017 г. С прекращением сброса загрязненных сточных вод ММК в р. Урал эта доля снизилась до 21–31%. При этом большая часть загрязненных сточных вод сбрасывалась в водоприемники недостаточно очищенными. Так, в 2022 г. из общего количества воды, относимой к категории загрязненной, 19.5 млн м³ сбрасывалось без очистки, а 145.9 млн м³ — недостаточно очищенной. Объем нормативно очищенных сточных вод на сооружениях очистки за этот период также сократился — с 118 до 2.03 млн м³, или в 58 раз. Доля нормативно очищенной воды в общем объеме сточных вод, требующих очистки, за 32 года в бассейне Урала снизилась с 52.2 до 1.2%. Итак,

в 2022 г. очищался до нормативов только один из 140 м³ воды, требующей очистки.

В настоящее время бассейн р. Урал относится к бассейнам с наиболее низкой долей нормативно-очищенной воды в объеме вод, требующих очистки, среди всех крупных рек Российской Федерацией. В 2022 г. здесь очищалось всего 1.2% объема воды, требующей очистки, тогда как в целом по Российской Федерации этот показатель составил ~20%.

Объем сточных вод, в которых содержатся загрязняющие вещества (ЗВ), в российской части бассейна р. Урал в 2021 г. составлял 1.14% общего объема таких вод, сброшенных в России. В то же время доля некоторых ЗВ, сброшенных в составе сточных вод, существенно превышает эту величину. Так, доля сброшенного магния в 2021 г. составляла 4.52% общего объема по РФ, что говорит о том, что концентрация магния в сброшенных сточных водах в 4 раза превышала среднероссийскую величину. Концентрация сухого остатка превышала среднероссийскую величину в 1.9 раза, цинка — в 1.7 раза, нитратов — в 1.2 раза.

Масса сбрасываемых ЗВ в составе сточных вод, отводимых в водные объекты российской части бассейна р. Урал, варьирует в очень широких пределах — от сотен тысяч тонн до десятков килограмм [2–10, 14, 28]. К ЗВ с наибольшей массой относятся сульфаты, хлориды и сухой остаток (табл. 4).

Масса сухого остатка — обобщенный показатель качества воды, характеризует общее содержание растворенных в воде нелетучих минеральных и частично органических соединений, т. е. свидетельствует о минерализации воды. Наибольшую массу вносит в сброс ЖКХ. Пик сброса сульфатов приходился на 1992–1993 гг., а всего за 32 года масса сброса этого ЗВ снизилась почти в 8 раз. Существенный прогресс достигнут в сбросе хлоридов — с 1990 г. их масса снизилась в 27 раз.

Довольно сильно менялся диапазон сбрасываемых взвешенных и органических веществ, нитратов, магния, азота аммонийного. Сброс взвешенных веществ в целом поступательно сокращался

Таблица 4. Динамика сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод в российской части бассейна р. Урал

Загрязняющие вещества	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2022 г.	1990 к 2022, %
Сухой остаток, тыс. т	185.0	197.33	159.72	196.09	288.23	204.07	142.32	133.30	139
Сульфаты, тыс. т	179.98	51.40	34.31	51.52	79.57	49.34	24.66	23.46	767
Хлориды, тыс. т	659.13	26.40	19.70	34.86	62.24	37.72	25.42	24.40	2701
Взвешенные вещества, тыс. т	4.5	3.54	3.10	2.79	3.611	3.013	1.287.	1,337	337
Нитраты, т	186	2049	4187	7067	9852	7982	5095	5648	3.3
БПК полный, т	3170	3560	3000	2740	2055	1353	606.5	653.2	485
Магний, т	136.4	227.2	638.0	2451.4	3764.6	2918.9	1559.1	1355.2	10
Азот аммонийный, т	1707.9	919.6	962.8	1132.2	436.0	229.9	103.2	218.3	782
ХПК, т	—	—	420.0	280.0	301.0	216.3	276.9	1262.0	33*
Фосфаты (по фосфору), т	675.1	1255.3	411.1	563.3	378.4**	285.4	200.3	206.6	327
Нефтепродукты, т	1860.0	100.0	60.0	60.0	79.51	51.74	7.98	7.57	24580
Нитриты, т	67.45	206.34	227.48	342.68	299.78	228.40	75.99	96.775	70
Цинк, т	19.23	32.06	15.53	8.39	53.431	15.902	4.023	3.936	489
НСПАВ, т	40.21	39.80	49.02	18.27	10.682	7.879	6.069	4.298	936
Железо, т	15.89	114.10	100.15	76.91	63.655	63.317	25.956	25.083	63
Марганец, т	—	5.54	8.10	2.010	22.005	5.789.	0.074	0.141	3929***
Медь, т	3.50	2.82	2.86	2.13	2.381	1.462	0.450	0.802	436
Жиры, масла, т	5.97	0.80	0.69	2.19	3.463	0.789	0.0554	0.0285	20969
Никель, т	—	0.506	0.061	0.280	0.662	0.734	0.037	0.026	1960***
Фенолы, т	1.16	0.740	0.920	0.440	0.875	0.431	0.118	0.120	964
Алюминий, кг	880	440	210	100	140.2	126.7	99.7	142.9	616
Свинец, кг	—	10.0	10.0	40.0	13.22	28.70	30.92	23.79	42***
Кадмий, кг	—	—	160.0	40.0	132.30	37.98	7.02	5.43	2947*
Хром трехвалентный, кг	210	60	120	60	17.69	29.27	39.92	21.37	983

* 2000 г. к 2022 г., %.

** 2009 г.

*** 1995 г. к 2022 г., %.

и к 2022 г. снизился по сравнению с 1990 г. в 3.4 раза. Сброс нитратов неуклонно рос с 1990 по 2011 г., после чего снизился в два раза. В итоге, в 2022 г. масса сбрасываемых нитратов превышала массу в 1990 г. в 30 раз, это максимальное превышение среди всех ЗВ. ЖКХ сбрасывает 85% всех нитратов. Биохимическое потребление кислорода (БПК) — один из важнейших критериев уровня загрязнения водоема легкоокисляемыми органическими веществами — в бассейне Урала сократилось за этот период в ~5 раз.

Масса сбрасываемого азота аммонийного снизилась за 32 года в 8 раз. Масса сбрасываемого магния систематически увеличивалась первые десятилетия и в 2011 г. превысила уровень 1990 г. в 30 раз. С 2019 г. ММК прекратил сброс сточных вод в р. Урал, что отразилось на резком снижении сброса

магния и других ЗВ. Тем не менее масса сбрасываемого магния в 2022 г. превышала уровень 1990 г. в 10 раз, и требуется дальнейшая работа по его снижению.

Масса сбрасываемых нефтепродуктов снизилась в 2022 г. по сравнению с экстремальным 1990 г. в 246 раз, но и по отношению к другим годам конца XX в. сокращение этого важнейшего ЗВ было существенным. Сброс фосфатов снизился в 3 раза, а сброс нитритов даже увеличился. Сброс органических веществ (по ХПК) долгие годы снижался, но с 2019 г. снова стал расти, превысив в 2022 г. значения 2000 г. в 3 раза. На протяжении 20 лет масса сбрасываемого цинка почти не менялась, но в 2009–2011 гг. заметно выросла. Начиная с 2012 г. металлургическая отрасль снижала сброс цинка до 4 т в 2020-х гг.

Сброс НСПАВ неуклонно снижался все годы, кроме 2000 г., когда наблюдался одиночный всплеск. За весь период масса сброса снизилась в 9.4 раза. Масса сбрасываемого железа после резкого увеличения в середине 1990-х гг. снижалась очень медленно, но в 2019–2022 гг. стабилизировалась. В целом за период 1990–2022 гг. отмечается рост сброса железа в 1.5 раза.

Масса сбрасываемой меди, за исключением экстремального 1993 г., все время снижалась. Metallургическая отрасль – основной поставщик меди в водные объекты – с 2019 г. сброс меди практически прекратила. В целом за 32 года сброс меди сократился в 4.4 раза.

Сброс марганца в бассейне Урала достиг пика (18–22 т) в 2010–2011 гг. и в дальнейшем стал резко снижаться. С 2020 г. сброс марганца стал измеряться десятками килограммов. Тем не менее в 2022 г. его сброс превышал уровень 1995 г. в 39 раз. Сброс никеля отличается очень большой нестабильностью – в течение длительного периода времени рост сброса чередуется с значительным снижением массы загрязнений. Если брать крайние точки, то в 2022 г. масса сброса снизилась по сравнению с 1995 г. в 20 раз.

Сброс фенолов с 1990 г. на протяжении 19 лет поступательно снижался, однако в 2010–2013 гг. отмечается заметный рост сброса этого вещества. В последующее время сброс фенолов только снижался. За 1990–2022 гг. масса сбрасываемых фенолов снизилась почти в 10 раз. Масса сбрасываемого алюминия сильно колебалась в период 1990–2006 гг., после чего стала поступательно снижаться. Всего за 32 года масса сбрасываемого алюминия снизилась в 6 раз.

В российской части бассейна р. Урал в небольших количествах отмечается сброс свинца, кадмия и трехвалентного хрома. С 1995 по 2022 г. сброс свинца увеличился в 2.4 раза. Сброс хрома обычно был в пределах 30–70 кг, но периодически наблюдались аварийные сбросы, когда масса хрома увеличивалась до 110–430 кг. Всего за 1990–2022 г. его сброс снизился почти в 10 раз.

Итак, по двум ЗВ (сухой остаток, нитриты) сбрасываемая масса за 32 года изменилась не-

значительно, по шести ЗВ она снизилась в 3–7 раз, по семи другим ЗВ – в 8–27 раз. По кадмию и марганцу сброс сократился в 29–39 раз. Максимальный успех достигнут в снижении сброса двух ЗВ – жиров и масел, а также нефтепродуктов (в 210–246 раз).

Однако по пяти ЗВ отмечается заметный рост сброса, несмотря на почти четырехкратное сокращение сброса сточных вод и ввод новых мощностей очистных сооружений. Масса сбрасываемого железа увеличилась в 1.6 раза, трудноокисляемых органических веществ (по ХПК) и свинца в 2.4–3.0 раза, магния в 10 раз, нитратов – в 30 раз. На три вида экономической деятельности (производство металлургическое; добыча металлических руд; забор, очистка и распределение воды) приходится 92–99% суммарного сброса основных ЗВ.

Анализ динамики качества поверхностных вод в бассейне р. Урал выполнен по данным гидрохимической сети Росгидромета [11–13, 17, 22, 24]. Классификация степени загрязненности воды рассматривается как условное разделение всего диапазона состава и свойств природной воды в условиях антропогенного воздействия на разные интервалы с постепенным переходом от “условно чистой” до “экстремально грязной” категории качества воды по величинам комбинаторного индекса загрязненности воды с учетом ряда дополнительных факторов [22]. Удельная величина комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) представляет собой комплексный относительный показатель степени загрязненности поверхностных вод и может варьировать 1 до 16, большему его значению соответствует худшее качество воды.

Исходя из приведенных выше данных о снижении объема загрязненных сточных вод и сброса ЗВ в водные источники можно было бы ожидать ощутимого улучшения их качества. Однако в целом по руслу р. Урал качество воды остается неудовлетворительным и изменилось очень незначительно (за исключением нескольких створов) под влиянием ряда неконтролируемых (рассредоточенных) источников загрязнения, а также источников вторичных (накопленных) загрязнений. По многим оценкам, именно они

вносят основной вклад в загрязнение водных объектов [16]. Помимо сточных вод предприятий источниками загрязнения поверхностных вод являются смыв почвы, минеральных удобрений, органических веществ с сельхозугодий и животноводческих ферм, расположенных по берегам рек бассейна Урала, ливневой поверхностный сток с урбанизированных территорий и промплощадок.

Комплексная оценка качества воды по стволу р. Урал в пределах Челябинской области приведена на рис. 5.

В верховьях р. Урал на территории Челябинской области качество воды за более чем десятилетний период практически не изменилось и вода по-прежнему оценивается от “загрязненной” (3а) до “грязной” (4а). Наблюдаются очень незначительные положительные тренды в трех анализируемых створах.

В створе г. Верхнеуральска организованные источники загрязнения отсутствуют и речная вода загрязняется преимущественно поверхностным стоком с водосборной площади. При этом наблюдается существенное загрязнение тяжелыми металлами, концентрация марганца в некоторые годы превышала ПДК в 7–10 раз. Ниже г. Уральска, а также в районе г. Магнитогорска р. Урал загрязняется недостаточно очищенными промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами [23].

На территории Оренбургской области на некоторых участках р. Урал наблюдалось улуч-

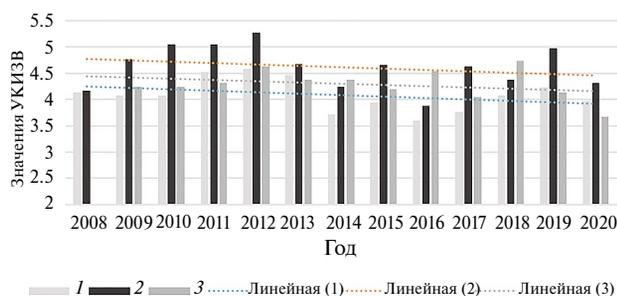


Рис. 5. Значения УКИЗВ р. Урал за 2008–2020 гг. в Челябинской области: 1 – 1 км ниже г. Верхнеуральска; 2 – Магнитогорское водохранилище, 10 км ниже города; 3 – с. Агаповка.

шение качества воды: классы качества воды и разряды не всегда изменялись, но при этом значение УКИЗВ уменьшалось (рис. 6). Особенно заметное улучшение качества воды произошло в Ириклинском водохранилище (где оно изменилось от “очень загрязненной” до “загрязненной”) и ниже городских очистных сооружений г. Оренбурга (где оно изменилось от “грязной” до “загрязненной”).

Вблизи п. Илек наблюдается постоянное загрязнение воды р. Урал органическими веществами и тяжелыми металлами. Содержание вредных ингредиентов в воде часто в десятки раз выше ПДК. Данный участок р. Урал можно отнести к зоне с критической экологической ситуацией [1]. На рис. 6 виден незначительный тренд ухудшения качества воды в данном створе по показателю УКИЗВ.

Улучшение качества воды могло быть и более радикальным. Сток воды и наносов в земледельческой зоне поставляет в реки и водоемы до 80–90% фосфора, азота и пестицидов. Однако осуществление одного из важнейших меропр-

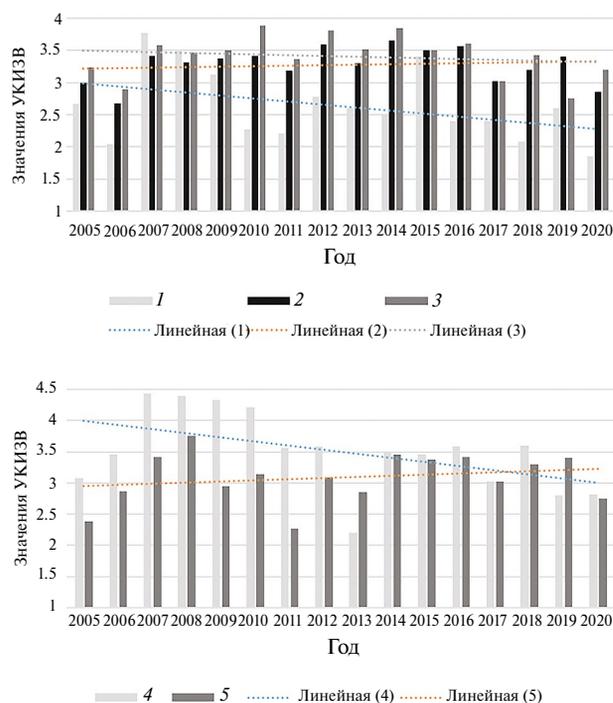


Рис. 6. Значения УКИЗВ р. Урал за 2005–2020 гг. в Оренбургской области: 1 – Ириклинское водохранилище, пгт Ирикля; 2 – 6.5 км ниже г. Орска; 3 – Новотроицк; 4 – 0.5 км ниже ГОС Оренбурга; 5 – 1 км выше п. Илек.

ятий по охране земель и вод – создания противоэрозионных лесных насаждений – резко сократилось. В субъектах федерации на российской территории бассейна р. Урал после 2009 г. полностью прекратили высаживать противоэрозионные насаждения. Аналогичная картина наблюдается и с созданием полевых защитных лесополос. В конце 1990-х – начале 2000-х гг. в Республике Башкортостан ежегодно создавалось 400–700 га полевых защитных лесополос, но после 2008 г. это важнейшее мероприятие прекратилось. В Оренбургской области не создают лесополосы с 2004 г., в Челябинской – с 1999 г. [29, 31, 32].

В [34] рассчитан удельный экологический ущерб (на 1 га пашни), наносимый водам Оренбургской области поступающими аммонийным азотом и фосфором с диффузным стоком. Плата за вынос этих биогенных веществ вполне доступна сельскохозяйственным производителям и позволит обеспечить непрерывное создание новых искусственных лесополос в водоохраных зонах водных объектов. Для улучшения экологической ситуации в бассейне р. Урал необходимо в кратчайшие сроки по крайней мере вернуться к объемам работ, выполняемым 20–25 лет назад, а еще лучше превзойти их.

ВЫВОДЫ

Заметное сокращение водопотребления и водоотведения в российской части бассейна р. Урал связано в основном с падением объемов производства промышленной и сельскохозяйственной продукции, а также с развитием оборотного водоснабжения в промышленности. Отмечено повсеместное снижение удельного среднесуточного водопотребления жителями в результате установки водосчетчиков, применения водосберегающей техники и арматуры.

Площадь фактически политых земель в регионах бассейна Урала снизилась от 90% площади орошаемых земель в начале 1990-х гг. до 10–20% к 2020 г. В последние годы началось возрождение мелиорации и площадь орошения в бассейне р. Урал начала понемногу расти, а объем использования воды на нужды регулярного орошения уже в 2020 г. приблизился к величинам, харак-

терным для конца 1990-х гг., и, несомненно, будет расти и дальше.

Объем нормативно очищенных сточных вод на сооружениях очистки за 1990–2022 гг. сократился в 58 раз. Доля нормативно очищенной воды в общем объеме сточных вод, требующих очистки, в российской части бассейна Урала снизилась с 52.2 до 1.2%.

Масса большинства загрязняющих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты, снизилась за период 1990–2022 гг. в 3–20 раз, но по пяти веществам отмечается заметный рост массы сброса. В верховьях р. Урал за 2008–2020 гг. качество воды практически не изменилось. На территории Оренбургской области на некоторых участках р. Урал наблюдалось улучшение качества воды.

Посадка противоэрозионных лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения российской части территории бассейна р. Урал, а также создание полевых защитных лесополос после 2009 г. полностью прекратились. Необходимо в кратчайшие сроки вернуться к объемам работ, выполняемым 20–25 лет назад.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бронский В.А., Солопова В.А., Байтелова А.И.* Экологический мониторинг качества воды реки Урал в районе неорганизованного пляжа села Илек Оренбургской области // *Строительство и техногенная безопасность.* 2020. № 19 (71). С. 95–104. DOI: 10.37279/2413-1873-2020-19-95-104
2. *Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2009 году (Статистический сборник) / Под ред. Н.Г. Рыбальского и А.Д. Думнова.* М.: НИА-Природа, 2010. 372 с.
3. *Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2018 году (Статистический сборник) / Под ред. Н.Г. Рыбальского, В.А. Омеляненко.* М.: НИА-Природа, 2019. 274 с.
4. *Водные ресурсы Российской Федерации. Статистический сборник / Под ред. Н.Г. Рыбальского.* М.: НИА-Природа, 2006. 176 с.
5. *Воды России (состояние, использование, охрана).* Екатеринбург: РосНИИВХ, 1992. 96 с.; 1993. 96 с.; 1994. 86 с.; 1995. 88 с.; 1996. 104 с.; 1998. 134 с.; 1999. 146 с.; 2001. 158 с.; 2002. 138 с.; 2003. 136 с.; 2005. 133 с.; 2006. 112 с.

6. Воды России (состояние, использование, охрана). 1986–1990 гг. Свердловск: УралНИИВХ, 1991. 148 с.
7. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы Российской Федерации. Обобщенные данные использования вод за 2005 год. М.: Федеральное агентство водных ресурсов, Водниинформпроект, 2006. Кн. 1. 63 с.; Кн. 2. 94 с.; Кн. 3. 113 с.; Кн. 4. 98 с.; Кн. 5. 72 с.
8. Государственный водный кадастр. Данные обобщения использования вод по РСФСР за 1991 год. М.: Мин-во экологии и природных ресурсов России, Комитет по водным ресурсам, Росгипроводхоз, 1992. 209 с.
9. Государственный водный кадастр. Данные обобщения использования вод по России за 1992 год. М.: Водниинформпроект, 1993. 213 с.
10. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество (ежегодное издание). 1990–2010 гг. Л.; СПб.: Федеральная служба РФ по гидрометеорологии и мониторингу окр. среды; М-во прир. ресурсов РФ, Гидрометеоиздат, 1990. 136 с.; 1991. 136 с.; 1992. 64 с.; 1993. 86 с.; 1994. 90 с.; 1995. 92 с.; 1996. 92 с.; 1999. 96 с.; 1999. 94 с.; 2000. 92 с.; 2000. 94 с.; 2001. 104 с.; 2002. 112 с.; 2003. 116 с.; 2004. 118 с.; 2005. 164 с.; 2006. 166 с.; 2007. 174 с.; 2008. 153 с.; 2010. 152 с.; 2011. 148 с.
11. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Оренбургской области в 2012 году. [Электронный ресурс]. <https://mpr.orb.ru/activity/624> (дата обращения: 25.12.2023)
12. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2020 году. [Электронный ресурс]. <https://mpr.orb.ru/activity/624> (дата обращения: 25.12.2023)
13. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2020 году. [Электронный ресурс]. <https://ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures> (дата обращения: 25.12.2023)
14. Данные наблюдений за объемом вод при водопотреблении и водоотведении на всех водных объектах (по форме 2-ТП (водхоз)) // Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов. [Электронный ресурс]. <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=513> (дата обращения: 25.12.2023)
15. Дёмин А.П. Трансформация водопотребления и водоотведения в российской части бассейна трансграничной реки Урал // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18. № 1. С. 82–93. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-82-93
16. Диффузное загрязнение водных объектов: проблемы и решения / Под ред. В.И. Данилова-Данильяна. М.: РАН, 2020. 512 с.
17. Доклад об экологической ситуации в Челябинской области. [Электронный ресурс]. <https://mineco.gov74.ru/mineco/activities/oxranaokruzhayushhejsredychely/informaciyaobekologicheskoijsit.htm> (дата обращения: 25.12.2023)
18. Информационный портал ВНИИ “Радуга”. [Электронный ресурс]. <https://inform-raduga.ru> (дата обращения: 25.12.2023)
19. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года в Челябинской области. Т. 3. Земельные ресурсы и их использование. Челябинск: Челябинскстат, 2018. 104 с.
20. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по муниципальным образованиям Республики Башкортостан. Т. 3. Земельные ресурсы и их использование. Уфа: Башкортостанстат, 2018. 238 с.
21. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года / Территориальный орган гос. статистики по Оренбургской области. Оренбург, 2018. 104 с.
22. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2010. Ростов-на-Дону: Изд-во Гидрохим. ин-та, 2011. 572 с.; Ежегодник. 2011. Ростов-на-Дону: Изд-во Гидрохим. ин-та, 2012. 553 с.; 2013. 555 с.; 2014. 568 с.; 2015. 530 с.; 2016. 552 с.; 2017. 556 с.; 2018. 555 с.; 2019. 561 с.; 2020. 578 с.; 2021. 618 с.
23. Козлова М.А., Сивохин Ж.Т. Оценка динамики качества воды трансграничного бассейна реки Урал // Вод. хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022. № 6. С. 107–119. DOI: 10.35567/19994508_2022_6_7
24. Комплексный доклад о состоянии окружающей среды Челябинской области в 2009 году. [Электронный ресурс]. <https://mineco.gov74.ru/mineco/activities/oxranaokruzhayushhejsredychely/informaciyaobekologicheskoijsit.htm> (дата обращения: 25.12.2023)
25. Куксанов В.Ф. Река Урал – экологические проблемы и пути их решения // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2016. № 7. С. 8–15.
26. ММК планомерно снижает вредное воздействие на реку Урал. [Электронный ресурс]. <https://news.rambler.ru/ecology/43266982-mmk-planomerno-snizhaet-vrednoe-vozdeystvie-na-reku-ural> (дата обращения: 25.12.2023)
27. Наличие сельскохозяйственной техники. [Электронный ресурс]. <http://fedstat.ru> (дата обращения: 25.12.2023)
28. Основные показатели использования вод в СССР за 1990 год. Минск, ЦНИИКИВР, 1991. 142 с.

29. Охрана окружающей среды в России. Статистический сборник. М: Госкомстат России, 2001. 229 с.
30. Рафикова Ю.С., Семенова И.Н., Биктимерова Г.Я. Содержание тяжелых металлов в питьевой воде юго-восточных районов Республики Башкортостан // Естественные и технические науки. 2016. № 1 (91). С. 20–23.
31. Сведения о воспроизводстве лесов и лесоразведении. Бюллетени об охране окружающей среды (электронные версии) [Электронный ресурс]. <https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13295> (дата обращения: 25.12.2023)
32. Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России. 2013. Статистический сборник. М.: Росстат, 2013. 462 с.
33. Сивохин Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Проблемы устойчивого водопользования в трансграничном бассейне реки Урал // Вод. ресурсы. 2017. Т. 44. № 4. С. 504–516. DOI: 10.7868/S0321059617040162
34. Чирков С.А. Формирование механизма финансирования водоохранного лесонасаждения в сельскохозяйственных районах Оренбургской области (на примере р. Суундук) // Наукосфера. 2020. № 10–2. С. 8–12.

WATER CONSUMPTION AND DISPOSAL IN THE RUSSIAN PART OF THE TRANSBOUNDARY URAL RIVER: TRENDS AND THE EFFECT ON WATER QUALITY

A. P. Demin*

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

**e-mail: deminap@mail.ru*

The study shows variations in the volumes of water consumption and disposal, as well as the mass of pollutant discharges in the Russian part of the Ural River basin under changing socioeconomic and technological conditions and gives estimates of water quality transformations in the river. It was found that since 1990 to 2022, water withdrawal for meeting the needs of the population and economy in the Russian part of the Ural River basin decreased by 3.9 times. The water turnover factor in the basin increased from 70.3 to 91.6%. The mass of most pollutants in the discharged wastewater has decreased by 3–20 times, though five pollutants show an appreciable increase in their discharge volumes. In the upper reaches of the Ural River, the water quality estimated by the specific value of combinatory water pollution index has practically not changed in 2008–2020, while in its middle reaches, an increase in water quality was recorded.

Keywords: water intake, recycling water supply, mean daily water consumption, land irrigation, wastewaters, pollutant discharges, water quality.