

ПРОБЛЕМЫ  
ЭКОЛОГИИ

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ  
АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ  
В РОССИИ И В МИРЕ

© 2020 г. Н. И. Коронкевич<sup>a,\*</sup>, Е. А. Барабанова<sup>a,\*\*</sup>,  
А. Г. Георгиади<sup>a,\*\*\*</sup>, И. С. Зайцева<sup>a,\*\*\*\*</sup>

<sup>a</sup> Институт географии РАН, Москва, Россия

\* E-mail: koronkevich@igras.ru

\*\* E-mail: barabanova@igras.ru

\*\*\* E-mail: georgiadi@igras.ru

\*\*\*\* E-mail: zaitseva@igras.ru

Поступила в редакцию 18.04.2020 г.

После доработки 04.05.2020 г.

Принята к публикации 12.05.2020 г.

В статье рассматривается ряд эколого-экономических показателей антропогенных воздействий на водные ресурсы России. Это, в частности, отношение расхода воды к величине валового внутреннего продукта и валового регионального продукта, удельные показатели расходования воды в отдельных отраслях хозяйства, отношение объёмов используемой воды к величине водных ресурсов, в том числе с учётом экологической составляющей стока, кратность разбавления сточных вод ресурсами речного стока, ряд показателей эффективности регулирования стока. Некоторые из показателей сравниваются с их значениями для отдельных стран и для мира в целом.

*Ключевые слова:* водные ресурсы, использование, эффективность, показатели, Россия и её регионы, другие страны, мир.

DOI: 10.31857/S0869587320080071

Роль водных ресурсов в жизни общества со временем возрастает, увеличивается и антропогенная нагрузка на них. Хотя эти ресурсы (прежде всего речной сток) относятся к возобновляемым, однако возможности их возобновления не безграничны. Поэтому всё большую актуальность приобретает вопрос, насколько эффективно, экономно используется вода. Для такой оценки специалистами предложено много эколого-экономических показателей, но поскольку все их невозможно

рассмотреть в одной статье, остановимся лишь на некоторых.

Ряд довольно широко применяемых показателей нередко даёт, к сожалению, противоречивые результаты. Например, отношение объёма расходуемых водных ресурсов к величине валового внутреннего продукта (ВВП) и валового регионального продукта (ВРП), удельные показатели расхода воды в отдельных отраслях хозяйства, отношение объёма сточных вод к величине речного стока как показатель качества воды в реках и водоёмах, процент зарегулирования стока. Некоторые другие показатели, в частности отношение величины водопотребления к величине речного стока с учётом его экологической составляющей, отдельные критерии последствий создания водохранилищ, пока ещё не нашли широкого применения. Очевидно, что объективно судить об эффективности использования водных ресурсов Российской Федерации можно путём сравнения с другими странами и миром в целом, а отдельных

КОРОНКЕВИЧ Николай Иванович – доктор географических наук, заведующий лабораторией гидрологии ИГ РАН. БАРАБАНОВА Елена Алексеевна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН. ГЕОРГИАДИ Александр Георгиевич – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН. ЗАЙЦЕВА Ирина Сергеевна – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН.

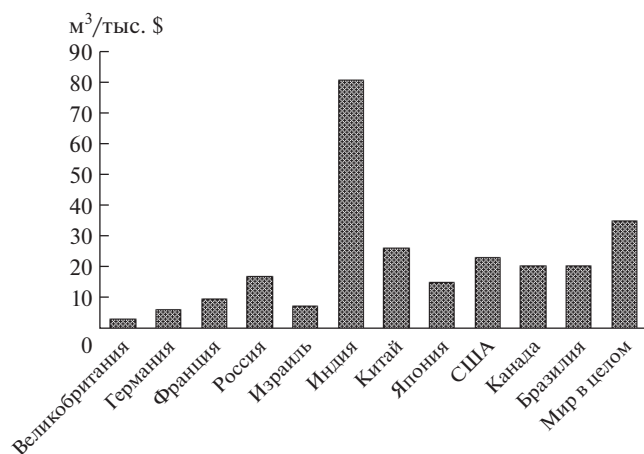


Рис. 1. Эффективность общего использования воды в экономике

районов и речных бассейнов РФ — сравнивая их между собой. К сожалению, из-за отсутствия соответствующих сведений это удаётся сделать не по всем показателям.

Исходными материалами нашего исследования послужили данные гидрологических наблюдений [1], информация, содержащаяся в статистических справочниках, опубликованная в статьях и монографиях [2–7], а основным методом — географо-гидрологическое обобщение статистических данных, содержащихся в исходных материалах. В статье уточнены показатели водопотребления, представленные в предшествующих публикациях авторов [8, 9 и др.].

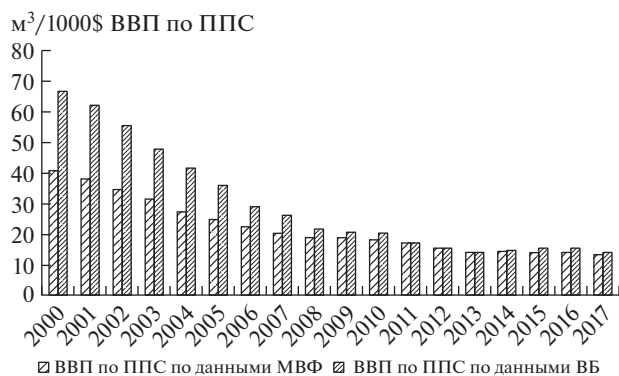
Как уже упоминалось, широкое применение получил такой показатель, как отношение общего расхода воды к ВВП и ВРП (при всей условно-

сти этих соотношений). Чем меньше расход воды, приходящийся на единицу производимого валового продукта, тем более эффективным считается антропогенное воздействие на водные ресурсы. В последние годы в России на 1000 долл. ВВП расходуется в 1.4 раза меньше воды, чем, например, в США, в 2 раза меньше, чем в мире в целом, в 4.7 раза меньше, чем в Индии (рис. 1). Однако в Индии, как и во многих других странах с большим удельным расходом воды, главная статья водопотребления — орошаемое земледелие с преобладанием такой водоёмкой культуры, как рис, которое даёт меньший доход, чем промышленность или сфера услуг, которые во многом определяют величину ВВП, например, в Великобритании или Германии. Этим объясняются и различия в удельном водопотреблении в южных федеральных округах (ФО) России, где посевные площади под рисом в структуре их орошаемых земель занимают меньшую долю, чем, например, в Индии или Китае (табл. 1). В России наибольшее количество воды на единицу ВРП расходуется в Южном и Северо-Кавказском ФО, где значительны площади орошаемых земель, наименьшее — в Центральном ФО, где гораздо больше развиты промышленность и сфера услуг (см. рис. 1, табл. 1). Отметим, что за сопоставимые годы, главным образом из-за сократившихся площадей орошения, показатель общего использования воды в России был значительно ниже, чем в СССР.

В последние годы в России отмечается снижение показателя удельного водопотребления, рассчитываемого как отношение расхода воды к величине ВВП по паритету покупательной способности (ППС) в долларах (рис. 2). По оценке Международного валютного фонда, к настоящему времени он снизился в 5 раз по сравнению с 2000 г. (по оценке Всемирного банка — приблизи-

Таблица 1. Показатели использования воды в России, 2015–2017 гг.

Федеральный округ, регион	Общее использование, м³/1000 руб. ВРП	В хозяйственно-бытовом секторе на городского жителя, л/сут/чел.	В орошении, м³/га
Центральный	0.43	199	63
Северо-Западный	1.28	187	5
Южный	2.10	222	4299
Северо-Кавказский	5.80	258	2171
Приволжский	0.82	206	178
Европейская часть России	2.00	206	1979
Уральский	0.53	207	32
Сибирский	1.04	199	277
Дальневосточный	0.49	241	2299
Азиатская часть России	0.70	209	480
Российская Федерация	0.92	206	1744



**Рис. 2.** Динамика удельного общего водопотребления в России (м³/1000 долл. ВВП по ППС) по оценкам Международного валютного фонда и Всемирного банка

тельно в 3 раза), что объясняется структурной перестройкой хозяйства – снижением доли водоёмких производств, в том числе орошаемого земледелия, введением ряда мер экономии воды, частичным выходом “на свет” теневой экономики. Ситуация с удельным расходом воды в отдельных отраслях водного хозяйства ряда стран и в мире в целом представлена в таблице 2.

В каждой стране существуют нормы расходования воды, достижение которых считается показателем её эффективного использования. При этом нежелательно как расходование воды ниже этой нормы, так и её превышение. Сами нормы подчас несовершенны и со временем нередко претерпевают изменения. Например, в коммунально-бытовом секторе России 100 лет назад было достаточно 30–50 л/сут на человека, в на-

стоящее время во многих городах водопотребление на порядок выше. Впрочем, в условиях дефицита водных ресурсов намечается тенденция снижения этих норм, направленная на экономию воды, что особенно чётко прослеживается в орошаемом земледелии – крупнейшем мировом водопотребителе. Нормы орошения при использовании приёмов капельного, внутрипочвенного орошения в 5–7 и более раз ниже, чем при поверхностном орошении по бороздам. Надо отметить, что в орошаемом земледелии эффективность тем выше, чем она ближе к единице коэффициента полезного действия оросительной системы.

Россия занимает среднее положение среди стран мира по такому показателю, как расход воды на хозяйственно-бытовые нужды в расчёте на одного человека, гораздо меньше у нас и удельный расход воды в орошаемом земледелии (см. табл. 2). При сравнении отдельных районов нашей страны картина получается весьма пёстрой. Наименее эффективно по отношению к величине ВРП используется вода в южных субъектах Российской Федерации, где, как уже отмечалось, значительную роль в водопотреблении играет орошаемое земледелие.

Удельное использование воды в Израиле на нужды орошения кажется большим – свыше 6 тыс. м³/га, однако при этом следует учитывать крайний дефицит влажности воздуха в условиях пустынной местности. И если бы не прогрессивные методы орошения, в том числе внутрипочвенный, капельный, расход воды был бы значительно выше (заметим, что в 1955 г. на 1 га орошаемых земель здесь расходовалось 8600 м³ воды).

**Таблица 2.** Показатели использования воды в ряде стран мира, 2015–2017 гг.

Страна	Использование воды		
	в хозяйственно-бытовом секторе, л/сут/чел.		в орошении, м³/га
	всего	на городское население	
Великобритания	260	315	1710
Германия	145	195	465
Франция	220	275	1880
Израиль	310	340	6170
Индия	120	365	10410
Китай	160	280	6010
Япония	330	355	20765
США	495	605	7215
Канада	370	450	2430
Бразилия	225	260	7670
Россия	154	206	1744
Мир в целом	130	240	9750

**Таблица 3.** Показатели водозабора и использования воды в России, 2015–2017 гг.

Федеральный округ, регион	Водозабор		Использование
	% речного стока	м <sup>3</sup> /чел.	% водозабора
Центральный	9.1	289	80
Северо-Западный	1.7	752	95
Южный	4.3	686	65
Северо-Кавказский	40.2	1105	63
Приволжский	2.9	307	86
Европейская часть России	5.3	486	77
Уральский	1.0	454	87
Сибирский	0.6	420	88
Дальневосточный	0.1	306	85
Азиатская часть России	0.4	412	87
Российская Федерация	1.4	467	80

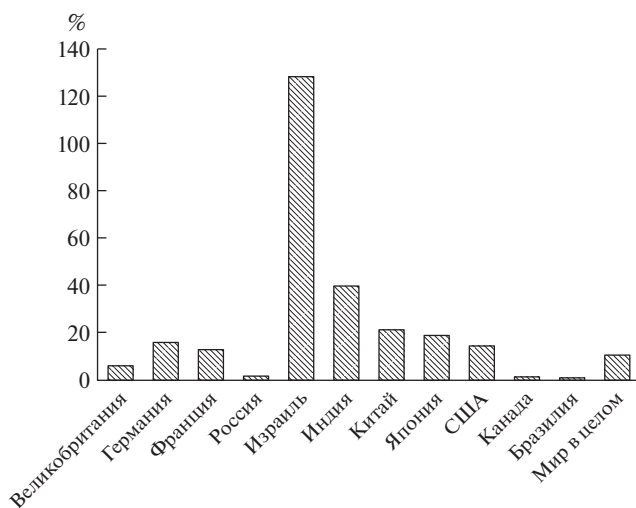
Невысокий удельный расход воды на орошение в России объясняется относительно северным расположением орошаемых земель, менее водоёмкими сельскохозяйственными культурами, недодачей воды (часто из-за финансовых трудностей) до необходимых оросительных норм.

Рассмотрим соотношение общего водозабора за год и величины среднего многолетнего годового стока, как одного из индексов водно-экологического стресса (напряжённости) – ИВЭН (water stress index – WSI) [10]. Как видно из таблицы 3, в России в настоящее время забирается из водных объектов лишь около 1.5% общих ресурсов речного стока. В большинстве федеральных округов этот показатель также невелик. Только в Северо-Кавказском ФО он превышает 40% из-за сравнительно небольших ресурсов речного стока и боль-

шого расхода воды в орошаемом земледелии. К тому же здесь и наибольшие потери воды при транспортировке, если судить по разнице водозабора и использования воды.

Как следует из рисунка 3, в России, наряду с Канадой и Бразилией, из водных источников забирается наименьшая доля водных ресурсов по сравнению с другими странами мира. Наиболее велика она в Израиле, где на протяжении многих десятилетий существуют значительные проблемы с обеспечением населения, хозяйства и главным образом орошаемого земледелия пресной водой. Только внедрение современных технологий (повторное использование, сбор и восстановление водных ресурсов, опреснение солёных вод, применение прогрессивных методов орошения), а также импорт воды с сопредельных территорий позволяют выживать стране в условиях высочайшего водного стресса. В отношении России заметим, что в последние годы в результате климатических изменений речной сток растёт – с 2001 по 2016 г. в среднем на 6% ежегодно, в основном за счёт сибирских рек (рис. 4 а), а водозабор и безвозвратный расход воды (водопотребление, заполнение мёртвого объёма<sup>1</sup> водохранилищ, дополнительные потери воды с их акватории за счёт испарения) снижаются (рис. 4 б).

Остановимся подробнее на другом индексе водно-экологического стресса, представляющем собой отношение величины водозабора к годовому или так называемому свободному стоку, уменьшенному на величину стока экологического [10]. Существуют разные трактовки экологического и свободного стока, предложены

**Рис. 3.** Доля водозабора в речном стоке страны

<sup>1</sup> Мёртвый объём – объём воды, расположенный ниже уровня наибольшего возможного опорожнения водохранилища, равный разнице полного и полезного (срабатываемого) объёмов водохранилища.

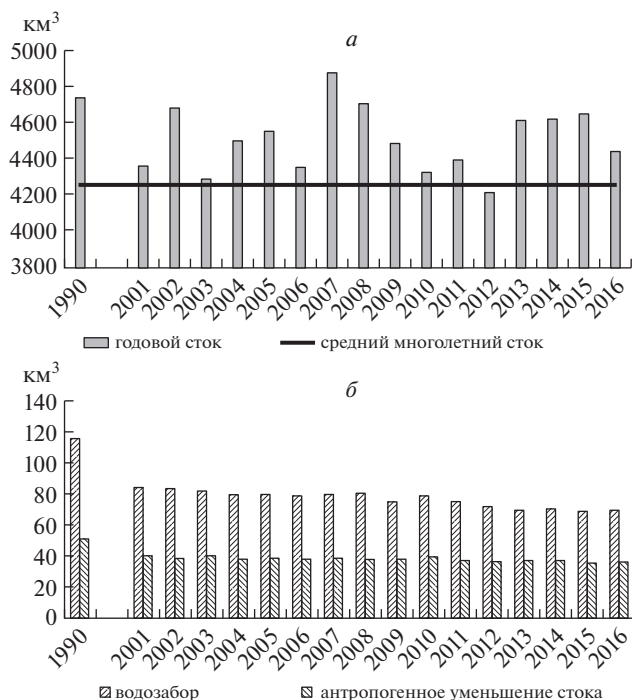


Рис. 4. Динамика стока (а) и антропогенного воздействия на водные ресурсы (б)

различные методы их оценки [10–12]. Под экологическим стоком понимается минимальный допустимый объём речного стока, необходимый для устойчивого функционирования водных экосистем. Согласно работе [13], он предполагает учёт объёма воды, требующегося для нормального развития гидробионтов, выполнения рекой её природных функций, а также учёт внутригодовой изменчивости стока и изменчивости его по годам. Под свободным стоком понимается тот, который можно использовать в хозяйственных целях без большого вреда для водных экосистем.

Для предварительных оценок экологического стока мы использовали метод пропорционального стока, предложенный В.В. Шабановым [12], в соответствии с которым искомая величина определяется с помощью эмпирических, постоянных для всех лет переходных коэффициентов для стока разной обеспеченности (для среднегодовых значений стока переходный коэффициент принимался равным 0.7) [12]. Заметим, что по сравнению с оценками Б.В. Фашевского и тем более В.Г. Дубининой [14] этот метод даёт заниженные значения экологического стока и, следовательно, завышенные значения свободного стока, который можно использовать в различных отраслях хозяйства (рис. 5). Экологический годовой сток 50-процентной обеспеченности, по Б.В. Фашевскому, практически совпадает с общим годовым стоком 75-процентной обеспеченности.

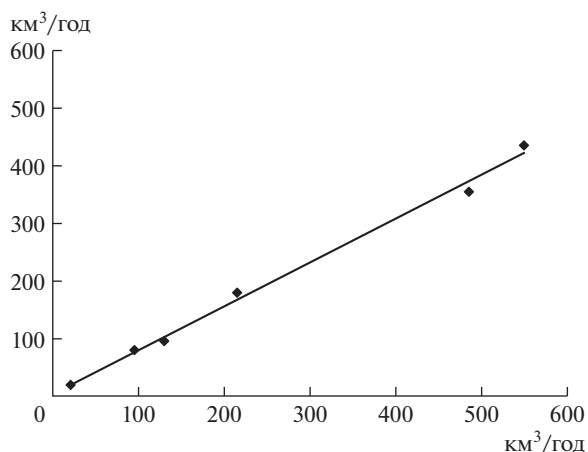


Рис. 5. Связь значений экологического стока по Б.В. Фашевскому [11] (ось абсцисс) и В.В. Шабанову [12] (ось ординат) по сравниваемым речным бассейнам

На рисунке 6 показан индекс водно-экологического стресса в субъектах РФ в 2015–2017 гг. с учётом экологического стока. Бросается в глаза резкое несоответствие ситуации в наиболее обжитой части страны и в остальных регионах. В обжитых районах с большой антропогенной нагрузкой уровень водно-экологического стресса очень высок, для многих из них даже с учётом транзитного стока. Тем более что уровень стресса, испытываемого такими реками, как Волга и особенно Дон, также весьма высок (табл. 4). Он характеризуется, соответственно, как высокий и очень высокий в настоящее время. Относительно благополучна ситуация в большинстве северных, сибирских и дальневосточных районов. Отметим, что за последние 25–30 лет индекс стресса в них снизился в среднем в 1.5–2 раза.

Таблица 4. Оценка изменений водно-экологической напряжённости в бассейнах рек РФ, основанная на соотношении водозабора и свободного стока с учётом местного и транзитного речного стока

Река	Индекс напряжённости	
	на уровне 1990 г.	на уровне 2015–2017 гг.
Волга	0.508	0.255
Дон	1.503	0.810
Печора	0.015	0.010
Северная Двина	0.037	0.019
Обь	0.102	0.072
Енисей	0.033	0.015
Лена	0.003	0.002



**Рис. 6.** Оценка водно-экологического стресса (напряжённости) в субъектах РФ в современных условиях (2015–2017), определённого по соотношению водозабора и свободного стока (средний многолетний сток минус экологический сток)

Индекс водно-экологического стресса с учётом местного речного стока (а), индекс водно-экологического стресса с учётом местного и транзитного речного стока (б)

Уровень экологического стресса характеризует в основном количественный аспект проблемы. Для оценки качества вод мы использовали показатель кратности разбавления средним многолетним речным стоком сточных вод, образующихся в результате водопотребления на хозяйственные нужды (рис. 7). Картина в целом аналогична той, что представлена на рисунке 6. В ряде субъектов РФ в наиболее обжитой части страны кратность

разбавления составляет менее 10, что свидетельствует о чрезвычайно высоком уровне загрязнения природных вод. Этот же вывод можно сделать и в отношении речных бассейнов, особенно бассейна Дона (табл. 5). Вместе с тем ситуация выглядит значительно лучше (в 1.5–2 и более раз), чем это было в прошлом при максимальном уровне антропогенной нагрузки. В северных, сибирских и дальневосточных районах положение от-

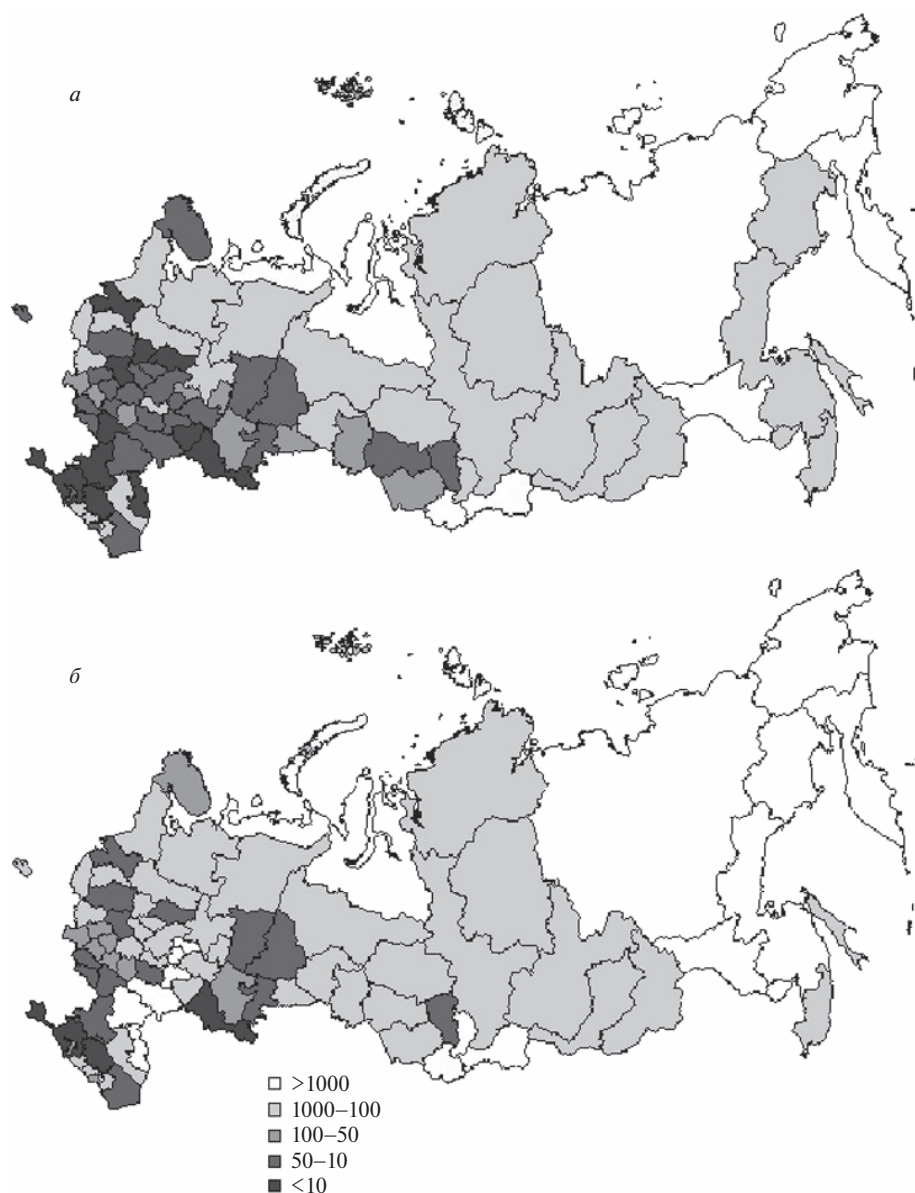


Рис. 7. Кратность разбавления сточных вод речным стоком: местным (а), общим речным стоком, с учётом транзитного (б)

носителем благополучно. Однако приходится констатировать, что данный показатель не совсем адекватно отражает реальную ситуацию, несколько приукрашивая её. Согласно работе [15], значи-

тельная часть рек, относительно благополучных, если исходить из кратности разбавления сточных вод, на многих своих участках имеет воду, характеризующуюся как “загрязнённая” или “грязная”,

Таблица 5. Кратность разбавления сточных вод речным стоком

Река	Всех сточных вод		Загрязнённых сточных вод	
	уровень 1990 г.	уровень 2015–2017 гг.	уровень 1990 г.	уровень 2015–2017 гг.
Волга	10	21	22	44
Дон	4	9	31	48
Обь	49	61	139	174
Енисей	125	273	197	711
Лена	1888	2529	3552	5741

Таблица 6. Эффективность регулирования стока

Страна, речной бассейн	Регулирование речного стока, %	Полный объём водохранилищ (млн м <sup>3</sup> )/выработка гидроэнергии (МВт · ч)	Полный объём водохранилищ (тыс. м <sup>3</sup> )/численность населения	Выработка гидроэнергии (кВт · ч)/численность населения	Доля площади водохранилищ от общей площади, %
Великобритания	3	1.16	0.08	0.07	0.21
Германия	4	0.19	0.05	0.26	0.1
Канада	26	2.22	23.3	10.5	0.6
США	25	2.72	2.24	0.82	0.41
Франция	6	0.15	0.15	0.96	0.1
Япония	6	0.32	0.23	0.73	0.1
Индия	15	1.86	0.17	0.09	0.44
Китай	31	0.7	0.6	0.86	0.31
Бразилия	8	1.71	3.34	1.96	0.04
Россия	20	4.49	5.36	1.24	0.33
в том числе					
Волга	82	5.31	3.43	3.43	2.19
Енисей	68	6.10	146.8	146.8	0.59
Мир в целом	16	1.71	0.95	0.56	0.26

в значительной мере из-за того, что водохозяйственная статистика не учитывает так называемого диффузного (площадного) загрязнения, формирующегося на сельскохозяйственных полях и урбанизированных территориях, влияние судоходства и, конечно, качество очистки загрязнённых вод. Положение резко ухудшается в маловодные годы.

Глобальная оценка качества водных ресурсов по кратности разбавления сточных вод речным стоком свидетельствует, что ситуация в России в целом выглядит относительно благополучной (разбавление в 70 раз). По этому показателю Россия уступает лишь Бразилии, где сточные воды разбавляются более чем в 200 раз. В России сточные воды разбавляются в 10 раз лучше, чем в США и в 3 раза лучше, чем в мире в целом [9], хотя реальное состояние водных ресурсов зависит от качества очистки сточных вод и других указанных выше факторов.

Теперь об эффективности регулирования стока. В таблице 6 представлен ряд показателей этой эффективности. Большинство из них относится к 2015 г. и лишь сведения о доле площади водохранилищ в общей площади страны или речного бассейна – к 2000 г. [4–6].

Среднемировой показатель регулирования стока составляет 16%. Отметим, что к настоящему времени этот показатель несколько вырос, главным образом за счёт новых водохранилищ Китая. Уровень регулирования стока в Китае, Канаде,

США и России превосходит среднемировой, достигая максимума в Китае (31%). Если сравнивать Волжско-Камский и Ангаро-Енисейский каскады, то степень зарегулирования стока Волги выше.

Полный объём водохранилищ не столь велик в таких странах, как Германия, Франция, Япония, однако энергетическая эффективность их использования (полный объём водохранилищ, приходящийся на единицу выработки гидроэлектроэнергии) значительно превосходит среднемировые показатели, соответственно в 9, 11 и 5 раз. В России энергетическая эффективность водохранилищ (4.5 млн м<sup>3</sup>/МВт · ч) в 2.5 раза ниже, чем в мире, ещё ниже она в бассейнах Волги и Енисея.

Высока обеспеченность населения водными ресурсами водохранилищ в Канаде, России, Бразилии и США (более 2 тыс. м<sup>3</sup> на человека, а в Канаде – более 20). Обеспеченность населения гидроэлектроэнергией в этих странах тоже высока, например, в Канаде на душу населения приходится более 10 кВт · ч, в остальных странах (см. табл. 6) – менее 1 тыс. м<sup>3</sup> водных запасов водохранилищ, а в Германии и Великобритании – менее 100 м<sup>3</sup>. Менее всего гидроэлектроэнергией обеспечено население Великобритании – 0.07 кВт · ч/чел.

Площадь водного зеркала водохранилищ к 2000 г. составляла приблизительно 0.3% суши. В Бразилии, Франции, Японии и Германии этот



показатель менее 0.1%. В России и Китае он выше 0.3%, в США и Индии превышает 0.4%, а в Канаде – 0.6%, как и в бассейне Енисея. Водохранилищами Волжско-Камского каскада затоплено более 2% площади бассейна.

Сравнение водохранилищ мира и России показало, что на нашу страну, занимающую по площади 13% территории суши, приходится 16% площади водохранилищ мира, то есть затопление земель при их создании в среднем в 1.2–1.3 раза превысило общемировые показатели. Если сравнивать удельные величины, то есть площадь затопления, приходящуюся на 1 км<sup>3</sup> полного и полезного объёмов, то для России они составляют около 60 и 138 км<sup>2</sup>, а для мира в целом – 56 и 90 км<sup>2</sup>, для Канады – 74 и 102 км<sup>2</sup>, для США – 50 и 55 км<sup>2</sup>. Это значит, что регулирование стока в России сопряжено с большими земельными издержками, поскольку большинство наших водохранилищ создано, в отличие от многих других стран, на равнине. Конечно, надо иметь в виду и эколого-экономический ущерб, сопровождавший создание гидроузлов.

Расчёт общего баланса плюсов и минусов гидротехнического строительства – большая самостоятельная тема, далеко выходящая за рамки данной статьи. Отметим лишь, что, например, Волжско-Камский каскад водохранилищ в существующем виде вряд ли бы был создан в настоящее время из-за целого ряда негативных последствий, которые уже давно обсуждаются и служат основанием для предложений по спуску водохранилищ, в первую очередь, Рыбинского. Видимо, некоторая реконструкция каскада и режима его работы, в частности, с учётом большего удовлетворения экологических требований, необходима. Но такие радикальные меры, как спуск водохранилищ, вряд ли правомерны в настоящее время по ряду соображений, которые были детально изложены в работе А.Б. Авакяна [16]. Он показал, что население и хозяйство уже адаптировались к современному зарегулированному водному режиму Волги, к тому же гидроэлектростанции вырабатывают более 40 млрд кВт · ч в год наиболее ценной пиковой электроэнергии. Затопленным землям невозможно вернуть их былую биологическую ценность без чрезвычайно дорогостоящих мероприятий по рекультивации, так как они покрыты слоем весьма загрязнённых донных отложений. Не будь водохранилищ, в значительной мере обезвреживающих и разбавляющих сточные воды, а также загрязнённый диффузный сток с водосборов (правда, с большими издержками в виде их эвтрофирования), Волга, особенно в межень, превратилась бы в непригодный для использования водоток. Это хорошо показано К.К. Эдельштейном [17].

Из приведённого анализа эколого-экономических показателей антропогенного воздействия на водные ресурсы следует, что в России по многим параметрам удельное расходование воды ниже, чем в среднем в мире. Например, расход воды на единицу ВВП у нас значительно меньше, чем в других странах, и он резко снизился в последние годы вследствие малой доли водоёмких производств, в том числе орошаемого земледелия, введения ряда мер экономии воды. Россия, наряду с Канадой и Бразилией, располагает основными мировыми резервами пресной воды, и они ещё выросли в последнее время в связи с климатически обусловленным увеличением стока и уменьшением водопотребления. Вместе с тем, значительная часть водных ресурсов России загрязнена, а в ряде её регионов, особенно южных, складывается напряжённая водохозяйственная и гидроэкологическая ситуация, как из-за ограниченных водных ресурсов, так и не всегда эффективного их использования.

Нет сомнений, что затронутая тема нуждается в дальнейшем обсуждении и развитии, например, в отношении эффективности использования воды в отдельных отраслях хозяйства, всех плюсов и минусов гидротехнического строительства, в оценке перспектив изменения величины эколого-экономических показателей антропогенных воздействий на водные ресурсы в будущем.

#### ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0148-2019-0007 (теоретико-методические положения), при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-05-00479, результаты расчётов эффективности водопользования) и Российского научного фонда (грант № 20-17-00209, оценка водно-экологической напряжённости регионов).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. (Ежегодное издание). СПб.
2. Водные ресурсы России и их использование / Под ред. И.А. Шикломанова. СПб.: Государственный гидрологический институт, 2008.
3. Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2017 году (Статистический сборник) / Под ред. Н.Г. Рыбальского, В.А. Омеляненко и А.Д. Думнова. М.: НИИ-Природа, 2018.
4. Каталог водохранилищ СССР / Под ред. С.К. Лазарева. М.: Изд-во ОРСИТДММ ин-та “Союзгипроводхоз”, 1988.
5. Мировой атлас данных. Мировая и региональная статистика, национальные данные, карты и рейтинги. <http://knoema.ru/atlas>

6. Hydropower Status Report, 2017. International Hydropower Association. [www.hydropower.org](http://www.hydropower.org)
7. FAO: AQUASTAT database. [www.fao.org/nr/water](http://www.fao.org/nr/water)
8. *Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Бибикина Т.С., Зайцева И.С.* Россия на водохозяйственной карте мира // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 1. С. 7–18.
9. *Koronkevich N.I., Barabanova E.A., Georgiadi A.G. et al.* Assessing the Anthropogenic Impact on the Water Resources of Russia // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2019. № 3. P. 287–287; *Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Георгиади А.Г. и др.* Оценка антропогенных воздействий на водные ресурсы России // Вестник РАН. 2019. № 6. С. 603–614.
10. *Smakhtin V., Revenga C., Döll P.* Taking into account environmental water requirements in global-scale water resources assessments. Comprehensive Assessment Research Report 2. Comprehensive Assessment Secretariat, Colombo, Sri Lanka, 2004.
11. *Фашевский Б.В.* Экологическое обоснование допустимой степени регулирования речного стока. Минск: БелНИИНТИ, 1989.
12. *Маркин В.Н.* Определение экологически допустимого воздействия на малые реки // Мелиорация и водное хозяйство. 2005. № 4. С. 8–11.
13. *Владимиров А.М., Иманов Ф.А., Сакович В.М.* Сравнительный анализ методов расчёта минимального стока / Сб. научных трудов “Вопросы экологии и гидрологические расчёты”. СПб.: РГГУ, 1994. С. 54–62.
14. *Дубинина В.Г.* Методические основы экологического нормирования безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока (попуска). М.: Межведомственная ихтиологическая комиссия, 2001.
15. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2015 год. М.: Росгидромет, 2016.
16. *Авакян А.Б.* Народнохозяйственные и экологические последствия спуска водохранилищ // Гидротехническое строительство. 1991. № 8. С. 1–8.
17. *Эдельштейн К.К.* Водохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. М.: ГЕОС, 1998.