

Н.И. КОРОНКЕВИЧ, Е.А. БАРАБАНОВА, А.Г. ГЕОРГИАДИ, И.С. ЗАЙЦЕВА, С.И. ШАПОРЕНКО

Институт географии РАН, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29, Россия,
hydro-igras@yandex.ru, barabanova@igras.ru, georgiadi@igras.ru, zaitseva@igras.ru, shaporenko@igras.ru

АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕК АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА РОССИИ

Рассмотрены главные антропогенные воздействия на водные ресурсы рек Арктического бассейна России. Выделены пять основных этапов создания водохранилищ. Рассчитаны их суммарные морфометрические показатели, общие потери воды на заполнение мертвого объема и дополнительное испарение с акватории с начала 1940-х гг., степень зарегулированности речного стока. Показано, что создание водохранилищ слабо повлияло на годовой речной сток всего Арктического бассейна. Выявлено, что гораздо более существенным оказалось влияние на его внутригодовое распределение, особенно в бассейне Енисея. Так же относительно невелико влияние водозабора на годовой сток Арктического бассейна. Большая часть водозабора и безвозвратных изъятий воды приходится на территорию России, но существенна и совокупная доля Казахстана, Китая и Монголии. Отмечается существенное современное уменьшение водозабора и безвозвратного расхода воды на территории Арктического бассейна по сравнению с уровнем 1990 г. Высказано предположение, что косвенные антропогенные воздействия (мероприятия неорошаемого земледелия, лесное хозяйство, в том числе лесные пожары антропогенного происхождения, урбанизация территории) действуют на сток разнонаправленно, и их воздействие взаимокompенсируется. Рассчитаны водопотребление и общее уменьшение стока в результате суммарного воздействия водохранилищ и водопотребления также с начала 1940-х гг. и по настоящее время. Как и отдельные эти воздействия, их суммарное влияние на сток Арктического бассейна невелико, однако это влияние может быть существенным в ряде районов, преимущественно расположенных в его южной части. Показано, что главный негативный результат антропогенного воздействия — загрязнение рек и водоемов, особенно значительное в бассейне Оби. Представлена динамика качества воды наиболее крупных рек за последние десятилетия, свидетельствующая о том, что оно остается неудовлетворительным.

Ключевые слова: водохранилища, водопотребление, реки и водоемы, изменение, загрязнение, качество воды.

N.I. KORONKEVICH, E.A. BARABANOVA, A.G. GEORGIADI, I.S. ZAITSEVA, S.I. SHAPORENKO

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, 119017, Moscow, Staromonetnyi per., 29, Russia,
hydro-igras@yandex.ru, barabanova@igras.ru, georgiadi@igras.ru, zaitseva@igras.ru, shaporenko@igras.ru

ANTHROPOGENIC IMPACTS ON THE WATER RESOURCES OF THE RUSSIAN ARCTIC BASIN RIVERS

The main anthropogenic impacts on the water resources of the rivers in the Arctic basin of Russia are considered. Five main stages of dams' construction are outlined. The total morphometric parameters of reservoirs, the total loss of water for dead storage filling and additional free-water-surface evaporation since the early 1940s, and the degree of regulation of the river flow are estimated. It is shown that the reservoirs had little effect on the annual river runoff of the entire Arctic basin. Much more significant was the impact on its intra-annual distribution, especially in the Yenisei basin. The effect of water supply intake on the annual flow of the Arctic basin is relatively small as well. Most of the water supply intake and irrecoverable water withdrawals corresponds to Russia, but the aggregate share of Kazakhstan, China and Mongolia is also significant. Currently there occurs a significant decrease in water abstraction and irretrievable water discharge in the Arctic basin compared to the level of 1990. It is suggested that indirect anthropogenic impacts (measures of rain-fed agriculture, forestry, including forest fires of anthropogenic origin, and urbanization of the territory) influence the runoff in different directions and their impact is mutually compensated. Water consumption and total water losses due to the combined effect of reservoirs and water consumption have also been calculated since the early 1940s till the present. As is the case with some of these impacts, their total impact on the runoff of the Arctic basin is small, but this effect can be significant in a number of areas, mainly located in its southern part. It is shown that the main negative result of anthropogenic impact is the pollution of rivers and water bodies which is especially significant in the Ob basin. The dynamics of water quality in the largest rivers over the past decades is shown, indicating that it remains unsatisfactory.

Keywords: reservoirs, water consumption, rivers and water bodies, change, pollution, water quality.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное антропогенное воздействие на реки и водоемы Арктического бассейна России началось гораздо позже, чем на большей части остальной территории страны, однако по ряду показателей оно уже превосходит таковое в южной части европейской территории Российской Федерации. В рассматриваемом регионе это связано с появлением Транссибирской железнодорожной магистрали в конце XIX—начале XX вв. и с хозяйственным освоением прилегающих к ней районов. Важными событиями (в основном уже в советское время) стали разработка месторождений полезных ископаемых в Сибири, на Кольском полуострове и создание на этой основе перерабатывающей промышленности. Данный процесс особенно активизировался с началом Великой Отечественной войны и перемещением в восточные регионы промышленных предприятий с запада страны. Крупнейшими событиями начала второй половины XX в. стали освоение целинных и залежных земель, открытие и разработка нефтяных месторождений в Западной Сибири, алмазных, а затем и нефтяных месторождений в Восточной Сибири, создание крупных гидроузлов и водохранилищ, особенно Ангаро-Енисейского каскада, наращивание вплоть до начала 1990-х гг. промышленного и сельскохозяйственного производства, сменившееся кризисными явлениями в экономике. Современное знание гидрологических последствий всех этих антропогенных воздействий (включая те, которые осуществляются в зарубежной части арктического водосбора — в Казахстане, Китае, Монголии) пока весьма фрагментарно. Цель данной работы — попытка комплексной оценки произошедших под влиянием антропогенных факторов изменений стока рек и качества их вод.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СТОК РЕК

Гидротехническое воздействие на сток. Хотя в рассматриваемом регионе имеют место и переброски стока, например, по каналу Иртыш—Караганда в размере 1,5–2 км³/год, основное гидротехническое воздействие на сток оказывают крупные водохранилища.

В табл. 1 приведены дополненные сведения о крупных водохранилищах (объемом свыше 1 млн м³ каждое) [1]. Как видно, создано более 360 водохранилищ суммарным объемом свыше 675 км³. Большая часть водохранилищ сооружена на реках, впадающих в Карское (83 %), Баренцево и Белое моря (13 %).

Водоохранилища бассейна Енисея выделяются наибольшими суммарными показателями площади зеркала, полного, полезного и мертвого объемов. Здесь расположены крупнейшие водохранилища России — Братское, Красноярское, Усть-Илимское, Иркутское, Богучанское, Саяно-Шушенское, большая часть которых входит в число крупнейших водохранилищ мира. На втором месте по площади зеркала и мертвому объему находятся водохранилища рек, впадающих в Белое и Баренцево моря. Здесь сооружено большое количество озер-водохранилищ. На третьем месте — водохранилища Обь-Иртышского бассейна, причем главным образом за счет Бухтарминского, крупнейшего водохранилища Казахстана.

В истории освоения гидроэнергетического потенциала водных ресурсов рек Арктического бассейна можно выделить пять крупных периодов: начало гидротехнического освоения водных ресурсов (середина XVIII в.), связанное с развитием металлургической промышленности, применявшей в это время в качестве двигателей исключительно водяные колеса; период оживления гидроэнергетическо-

Таблица 1

Суммарные морфометрические показатели водохранилищ

Водоохранилища	Количество	Площадь при НПУ, км ²	Объем, км ³		
			Полный	Полезный	Мертвый
Кольского п-ова и Карелии	34	9376,4	65,0	29,3	35,7
Бассейна Северной Двины	3	656,0	1,7	1,4	0,3
Обь-Иртышского бассейна,	262	8534,9	69,0	42,4	26,6
в том числе бассейна Иртыша	23	6377,6	56,2	35,0	21,2
Бассейна Енисея,	49	15243,3	427,0	140,5	286,5
в том числе бассейна Селенги	9	9,9	0,04	0,03	0,01
Бассейна Лены	12	2213,9	36,2	18,0	18,2
Бассейна Колымы	2	719,2	20,5	9,8	10,7
Итого	362	43131,2	675,6	276,4	399,2

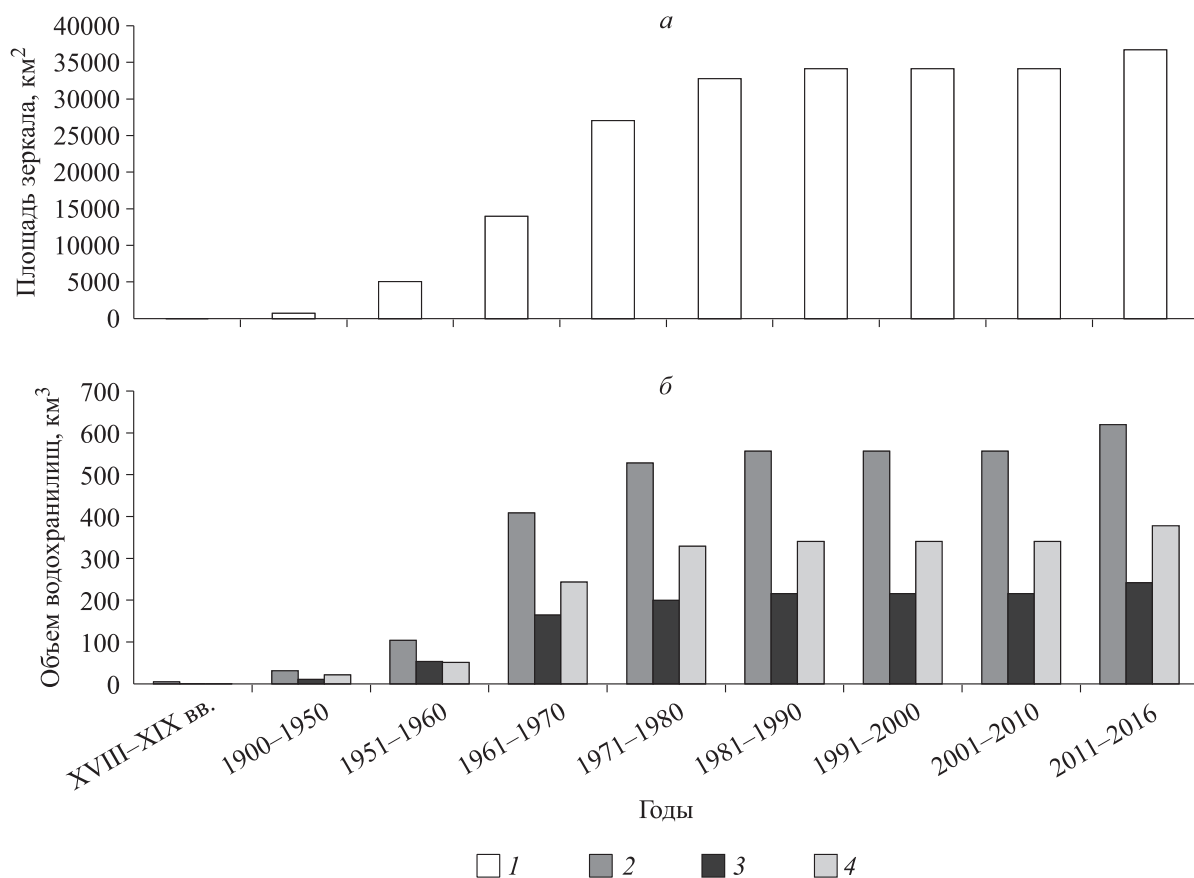


Рис. 1. Площадь зеркала (а) и объемы (б) водохранилищ Арктического бассейна России нарастающим итогом по периодам.

1 — площадь зеркала; объемы водохранилищ: 2 — полный, 3 — полезный, 4 — мертвый.

го строительства, связанный с выполнением плана ГОЭЛРО, который был направлен на электрификацию промышленности и транспорта, на применение электричества в земледелии (первая треть XX в.); пик гидроэнергетического строительства (1960–1970 гг.); период стагнации — снижение объемов ввода в эксплуатацию гидротехнических сооружений и консервация строительства начатых объектов, связанные с инвестиционным кризисом и распадом СССР (начало 1990-х–2005 г.); современный период, характеризующийся в основном завершением строительства ряда ранее начатых объектов, например, Богучанского гидроузла, модернизацией объектов, проблемами обеспечения безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений, что связано с износом оборудования. Динамика создания водохранилищ представлена на рис. 1.

Один из основных показателей зарегулированности стока — это отношение полезного объема к полному речному стоку (коэффициент емкости — K_e). Оно показывает потенциальную трансформацию половодья. Потенциальную потому, что фактически полезный объем срабатывается не каждый год [2, 3]. Для водохранилищ всего Арктического сектора $K_e = 0,14$, достигая максимальной величины 0,17 для водохранилищ, сооруженных на реках, впадающих в Карское море, и минимальной (0,03) — для моря Лаптевых.

Соотношение полезного и полного объемов водохранилища принято называть коэффициентом водохозяйственного использования емкости водохранилища ($K_{и}$). Средний $K_{и}$ для водохранилищ России и водохранилищ Арктического сектора составляет 0,40, а в среднем по миру достигает 0,55 [2, 3]. Для морей Арктического сектора этот коэффициент приблизительно одинаков и колеблется, за исключением Карского моря (0,37), от 0,46 (Баренцево и Белое моря) до 0,49 (море Лаптевых) (рис. 2).

Фактическую зарегулированность стока можно проиллюстрировать на примере Енисея. В естественных условиях на самые многоводные месяцы (май–июль) приходилось более 63 % годового стока воды. Доля стока зимних месяцев (ноябрь–апрель) составляла 13 %. После создания каскада

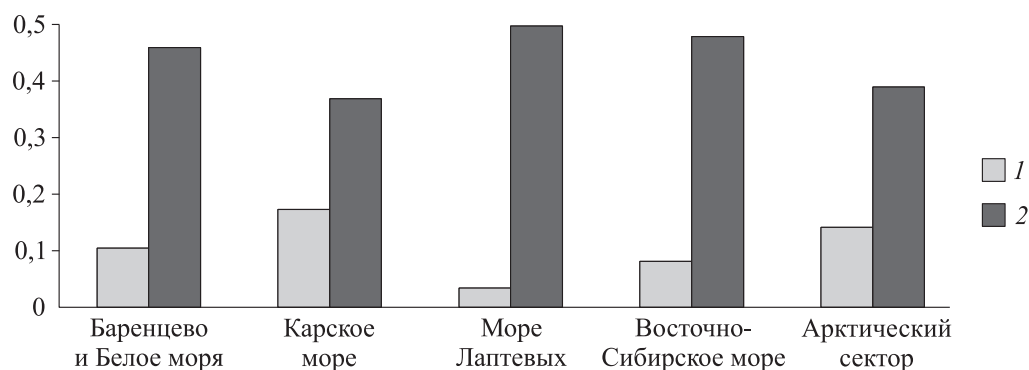


Рис. 2. Степень зарегулированности стока водохранилищами (1) и коэффициент их водохозяйственного использования (2) по бассейнам морей.

водохранилищ зимний сток увеличился до 21,5 % годового, а многоводный уменьшился до 58,3 %. В июле–октябре расходы воды составляют 86–98 % бытовых значений [4].

Уменьшение годового стока рек Арктического сектора под влиянием водохранилищ складывается из потерь воды на заполнение мертвых объемов водохранилищ, которые определялись по их морфометрическим данным, и на дополнительное испарение с их акватории, рассчитанное по упрощенной методике Государственного гидрологического института [5], т. е. умножением площади водохранилища при нормальном подпорном уровне на разницу испаряемости и испарения с поверхности суши (в данном случае — по Л.И. Зубенок [6]). Это, конечно, ориентировочная величина, но она близка к результатам расчетов В.С. Вуглинского [7].

Общие потери воды за счет водохранилищ определены с 1941 по 2014 г. (рис. 3, а). С 1960 по 1975 г. зафиксирован наиболее интенсивный рост объемов потерь воды, соответствующий пику создания гидроузлов, который сменился фазой относительно постоянных значений характеристик, когда потери воды были обусловлены практически только дополнительным испарением с поверхности водохранилищ. В самое последнее время они несколько возросли, главным образом за счет ввода в эксплуатацию Богучанского гидроузла. К настоящему времени суммарное уменьшение стока рек Арктического сектора за счет водохранилищ с 1941 г. превышает 550 км³, из которых 76 % потерь воды связана с заполнением мертвого объема, а 24 % — с дополнительным испарением. Большая часть потерь воды за счет водохранилищ приходится на бассейн Енисея (около 370 км³), 77 % которых составляют потери на заполнение мертвого объема.

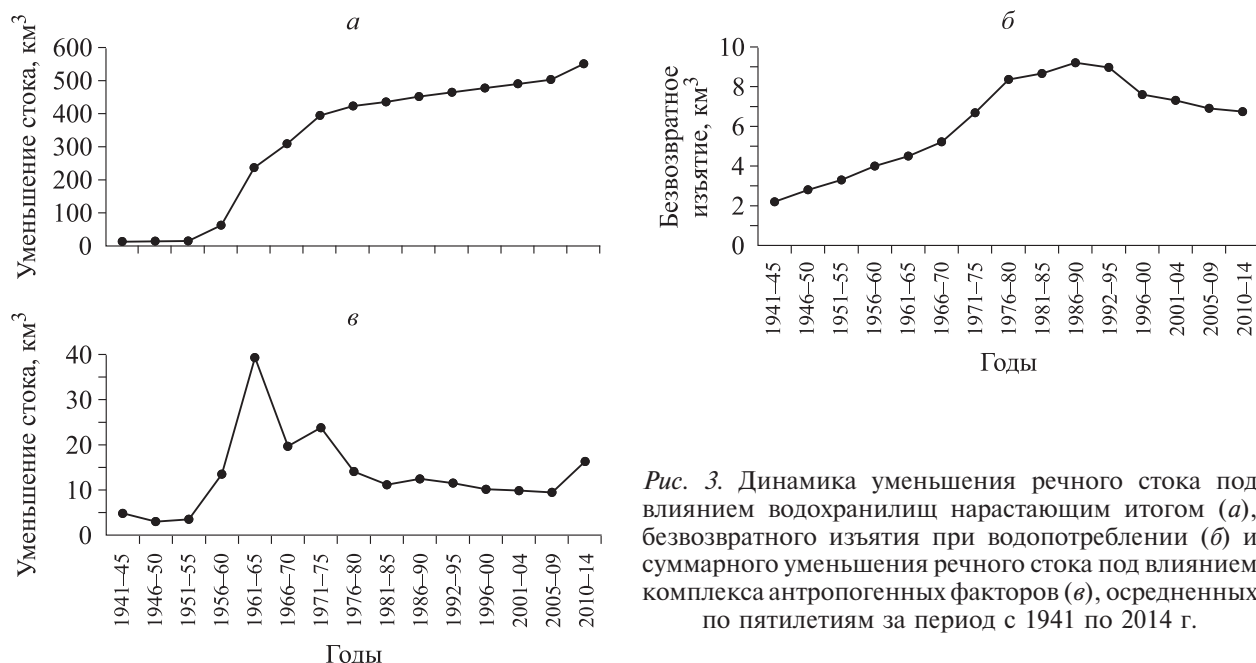


Рис. 3. Динамика уменьшения речного стока под влиянием водохранилищ нарастающим итогом (а), безвозвратного изъятия при водопотреблении (б) и суммарного уменьшения речного стока под влиянием комплекса антропогенных факторов (в), осредненных по пятилетиям за период с 1941 по 2014 г.

Водопотребление. Масштабы водопотребления в Арктическом бассейне оценены на основе справочных материалов [8–17]. Использовались и косвенные данные, связи водопотребления между отдельными регионами, относительно близкими по истории развития и структуре водопотребления.

С учетом России, Казахстана, Китая и Монголии общий водозабор поверхностных и подземных вод в Арктическом бассейне оценивается приблизительно в 20 км³/год, безвозвратный расход, находящийся по разности водозабора и объема сточных и возвратных вод, составляет 30–35 % водозабора, а водоотведение — 65–70 % (табл. 2). Величина безвозвратного расхода воды, по-видимому, несколько превышает уменьшение стока из-за того, что забор подземных вод лишь частично сказывается на уменьшении стока, а в ряде случаев может даже увеличить его. С другой стороны, в водохозяйственных расчетах не учитывается тот факт, что сточные воды часто нагреты, и это способствует усилению испарения и уменьшению стока. Большая часть водозабора идет на промышленные нужды, а безвозвратного расхода — на орошение в южных частях рассматриваемого региона. 70 % водозабора и более 85 % безвозвратного расхода приходится на бассейн Оби. Далее по объемам водозабора следуют Енисей (15 %), реки Кольского полуострова и севера Карелии (8 %), Северная Двина (3 %), Печора (около 2 %), Лена (немногим более 1 %). На остальные реки приходится менее 1 %. Водозабор Арктического бассейна в пределах России составляет несколько более 20 % от общероссийского. С учетом водопотребления в Казахстане, Китае и Монголии водозабор в бассейне возрастает в 1,5 раза. При этом в суммарном водозаборе в пределах Арктического бассейна на долю России приходится около 70 %, Казахстана и Китая — по 15 %, Монголии — 0,2 %.

Динамика водопотребления, включая безвозвратный расход (см. рис. 3, б), характеризуется нарастанием, начиная с 1940-х гг., когда значительная часть промышленного производства в годы Великой Отечественной войны была перемещена из западных районов СССР в восточные. Этот рост всех статей водопотребления (водозабор, безвозвратные изъятия и сброс сточных вод, в том числе загрязненных) продолжался до середины 1970-х гг.

Затем с конца 1970-х до конца 1980-х гг. наблюдалась фаза относительно постоянных значений характеристик, объясняемая замедлением темпов развития хозяйства и внедрением водосберегающих технологий. С конца 1980-х до середины 1990-х гг. происходило достаточно резкое снижение водозабора, а после середины 1990-х гг. и до настоящего времени оно носит менее интенсивный характер. По сравнению с 1990 г. к 2015 г. годовые объемы суммарного водозабора для территории российской части водосбора Северного Ледовитого океана снизились в 1,4 раза, безвозвратного изъятия — в 1,6, а сброса сточных вод — в 1,3.

Косвенные воздействия на сток. К косвенным воздействиям относятся мероприятия неорошаемого земледелия, лесное хозяйство, выпас скота, урбанизация территории, воздействующие на водные ресурсы косвенно — через почву, растительность, рельеф. Особенно существенно, хотя и неоднозначно, агротехнические мероприятия сказались на речном стоке лесостепных и степных районов в бассейне Оби в середине 1950-х гг. в период распашки целинных и залежных земель [18, 19]. Также неоднознач-

Таблица 2

Водопотребление в бассейнах рек водосбора Северного Ледовитого океана в среднем за 2010–2014 гг., км³/год

Бассейн	Водозабор	Водоотведение	Безвозвратный расход
Рек Кольского п-ова и севера Карелии	1,75	1,65	0,10
Северной Двины	0,62	0,55	0,07
Печоры	0,39	0,32	0,07
Оби, всего,	14,29	9,31	4,99
в том числе, в пределах:			
России	8,19	6,24	1,95
Китая	3,00	1,11	1,89
Казахстана	3,10	1,95	1,15
Енисея, всего,	3,13	2,45	0,68
в том числе, в пределах:			
России	2,63	2,26	0,37
Монголии	0,50	0,19	0,31
Лены	0,26	0,24	0,02
Прочих рек	0,08	0,07	0,01
Всего	20,53	13,78	6,74
в том числе в пределах России	13,93	11,34	2,59

но, взаимокompенсирuясь, сказалось, видимо, влияние и других косвенных воздействий. Но данный вопрос требует дополнительного изучения. Таким образом, можно полагать, что главное влияние на сток Оби и других рек Арктического бассейна оказали непосредственные воздействия, а именно гидротехническое строительство (в основном создание водохранилищ) и водопотребление различных отраслей хозяйства, главным образом орошаемого земледелия в южных районах.

Общее изменение годового стока. Изменение годового стока рек Арктического бассейна рассчитано методом суммирования показателей изменения стока под влиянием водохранилищ и водопотребления. При этом было выявлено уменьшение речного стока (см. рис. 3, в). С учетом потерь на заполнение мертвого объема водохранилищ, а также на дополнительное испарение с их акватории, суммарный объем недополученной Северным Ледовитым океаном воды за счет безвозвратных изъятий на территории современной России за период 1941–2014 гг. составил около 800 км³, а с учетом казахстанской, китайской и монгольской территорий водосбора — более 1000 км³ (что больше суммарного среднего многолетнего годового стока рек Енисея и Оби), в том числе за счет безвозвратных изъятий при водопотреблении — более 45 %, дополнительных потерь на испарение — почти 13 %, заполнения мертвого объема водохранилищ — около 42 %. Большая часть безвозвратных изъятий при водопотреблении приходится на бассейн Оби, потерь на дополнительное испарение и заполнение мертвого объема водохранилищ — на бассейн Енисея. Вместе с тем ежегодное уменьшение речного стока в среднем за весь период незначительно — менее 0,5 %, хотя для отдельных южных районов, особенно с развитым орошаемым земледелием и в маловодные годы, которые имели место в последнее время в бассейне Байкала, эта доля многократно выше, в связи с чем возникают водохозяйственные проблемы.

Изменение качества вод. Объем сточных вод в рассматриваемом регионе в последние десятилетия (начиная с 1990-х гг.) составляет незначительную часть ресурсов речного стока — в целом для Арктического бассейна около 1 %, а загрязненных сточных вод — менее 1 %, в том числе для Северной Двины 0,5 и 0,4 % соответственно, Печоры — 0,3 и 0,02 %, Оби — 1,7 и 0,6 %, Енисея — 0,4 и 0,2 %, Лены — 0,04 и 0,02 % соответственно. Кратность разбавления всех сточных вод средним годовым речным стоком для Арктического бассейна в целом достигает 200 раз, в том числе загрязненных сточных вод — более 500 раз. Велико разбавление и для всех крупных рек. Несмотря на это, вода многих из них загрязнена, причем на протяжении уже длительного времени, что объясняется недостаточной очисткой сточных вод, поступлением загрязняющих веществ от судоходства, диффузным загрязнением рек и водоемов, повышенным природным содержанием ряда элементов. В последние годы можно отметить небольшое улучшение качества воды некоторых рек, но кардинально ситуация не меняется, а в ряде случаев ухудшается.

В организациях Росгидромета для характеристики качества воды принято использовать комплексный показатель — удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УИКЗВ), рассчитываемый по параметрам, которые учитывают концентрации 15–16 химических показателей, частоту превышения ими ПДК по их кратностям и т. д. Правила расчетов указываются в разделе «Характеристики материалов наблюдений» ежегодников Гидрохимического института (ГХИ) [20]. На рис. 4 показана динамика качества воды в устьевых зонах крупных рек, обобщенная на основе правил и данных, содержащихся в ежегодниках ГХИ.

Установлено, что по загрязненности лидирует вода в устье Оби. В 2005–2007 гг. она оценивалась как «экстремально грязная». Критические показатели наблюдаются по содержанию растворенного в воде кислорода, соединений железа, цинка, марганца и нефтепродуктов. В 2010–2015 гг. качество воды в реке улучшилось до 4-го класса — «грязная», но все равно Обь остается одной из самых неблагоприятных рек России с теми же критическими (они же и специфические) показателями качества воды.

После Оби наиболее загрязнены воды Печоры и Енисея, качество которых балансирует между категориями 3б и 4а. Но если в Печоре качество воды в последнюю пятилетку стало стабильно хуже, чем в предыдущую, то в Енисее в последние два года оно улучшилось. В начале десятилетнего периода критическими загрязняющими веществами в устье Енисея были соединения меди и цинка, в конце — нефтепродукты.

У Северной Двины показатель УИКЗВ преимущественно находится на уровне 3б — «очень загрязненная». В 2006 и 2014 гг. вода соответствовала классу 4а, а в 2010 г. улучшалась по качеству до класса 3 разряда «а» — «загрязненная». Однако и в этот год у реки оставались очень грязными притоки верхнего течения. Около г. Сокол вода р. Сухоны по качеству соответствовала категории 4а — «грязная», а р. Пельшмы — категории 5 — «экстремально грязная». Здесь критические показатели загрязненности достигались за счет растворенного в воде кислорода (содержание опускалось до 0 при средней годовой величине 3,99 мг/л), показателей ХПК и БПК₅, фенолов, лигносульфонатов.

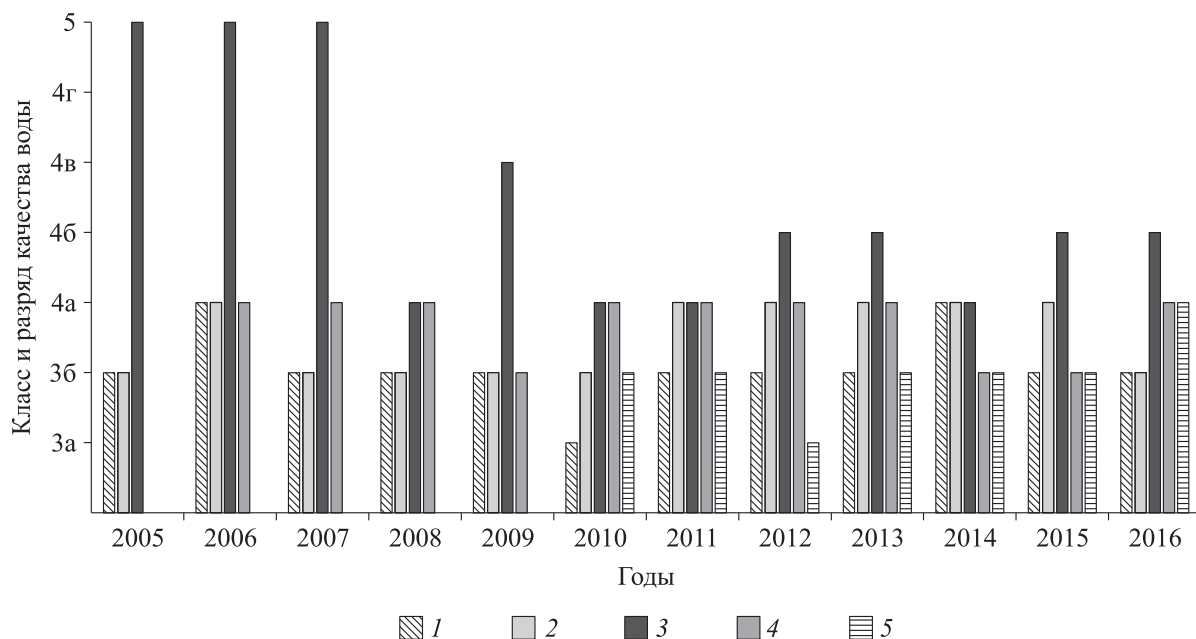


Рис. 4. Многолетнее изменение качества воды в устьевых створах рек по УИКЗВ.

Реки: 1 — Северная Двина, 2 — Печора, 3 — Обь, 4 — Енисей, 5 — Лена. Класс и разряд качества воды: 3а — загрязненная, 3б — очень загрязненная, 4а и 4б — грязная, 4в и 4г — очень грязная, 5 — экстремально грязная.

Несколько лучше ситуация на р. Лене. В устьевой зоне с 2010 г. качество воды сохранялось в категории 3б, а в 2012 г. улучшалось до категории 3а. Основные загрязняющие вещества на ней — это БПК₅, ХПК, фенолы, медь.

Таким образом, показатель качества УИКЗВ в определенной мере отражает некоторое уменьшение средних годовых и максимальных концентраций загрязняющих веществ в замыкающих створах рек Оби (фенолы, железо, нефтепродукты) и Енисея (большинство показателей, кроме нефтепродуктов) и, в то же время, одновременное ухудшение качества воды в Печоре (БПК₅ и ХПК, максимальные концентрации железа и меди). Эти факты свидетельствуют о том, что даже при уменьшении УИКЗВ некоторые гидрохимические характеристики могут ухудшаться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье предпринята попытка комплексной оценки антропогенного воздействия на водные ресурсы Арктического бассейна России, как на их количество, режим, так и на их качество. При этом авторы исходили из теоретико-методических разработок в области гидрологии антропогенного направления Института географии РАН [21–25]. В них учитывался опыт исследования антропогенных воздействий на водные ресурсы других организаций, в частности Государственного гидрологического института [8, 9]. Представленные оценки воздействия хозяйственной деятельности на водные ресурсы Арктического бассейна России нуждаются, конечно, в дальнейшем уточнении и развитии. Это особенно относится к косвенным антропогенным воздействиям, осуществляемым через рельеф, почву, биоту, а именно к горным разработкам, мероприятиям неорошаемого земледелия, лесному хозяйству, росту урбанизированных площадей и др., особенно в южной части рассматриваемого региона, наиболее освоенной и подвергающейся наибольшему антропогенному воздействию этих видов хозяйственной деятельности. В числе актуальных направлений дальнейших исследований — разработка сценариев будущего состояния рек Арктического бассейна с учетом как возможных климатических изменений, так и хозяйственной деятельности, включая и общее социально-экономическое развитие региона, и создание отдельных крупных объектов, особенно гидроэнергетических. При этом важно не ограничиваться только гидрологическими изменениями, а проследить весь комплекс социально-экономических и экологических последствий и разработать комплекс мер по максимальному снижению негативных последствий.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института озераедения РАН (0154–2014–0005, гос. регистрация № АААА–А18–118021590191–6) «Пространственная структура озерных и речных водных ресурсов России и ее изменение во времени» и финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (18–05–60240).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Каталог** водохранилищ СССР / Ред. С.К. Лазарева. — М.: Союзводпроект, 1988. — 276 с.
2. **Барабанова Е.А.** Глобально-региональные особенности регулирования стока рек под влиянием водохранилищ (по косвенным данным) // Вопросы географии. — 2012. — Сб. 133. — С. 297–311.
3. **Вода** России: Водоохранилища / Под ред. А.М. Черняева. — М.: АКВА-ПРЕСС, 2001. — 700 с.
4. **Корогаев В.Н., Иванов В.В., Чалов Р.С.** Енисей // Научно-популярная энциклопедия «Вода России» [Электронный ресурс]. — http://water-ru.ru/Водные_объекты/78/Енисей (дата обращения 04.05.2018).
5. **Шикломанов И.А., Веретенникова Г.М.** Влияние водохранилищ на годовой сток рек СССР // Труды ГГИ. — 1977. — Вып. 237. — С. 27–48.
6. **Зубенко Л.И.** Испарение на континентах. — Л.: Гидрометеиздат, 1976. — 264 с.
7. **Вуглинский В.С.** Водные ресурсы и водный баланс крупных водохранилищ СССР. — Л.: Гидрометеиздат, 1991. — 222 с.
8. **Шикломанов И.А.** Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — 334 с.
9. **Водные ресурсы** России и их использование / Под ред. И.А. Шикломанова. — СПб.: Изд-во Гос. гидроин-та, 2008. — 600 с.
10. **Водные ресурсы** и водное хозяйство России в 2013 году: Стат. сборник / Под ред. Н.Г. Рыбальского, А.Д. Думнова. — М.: НИА-Природа, 2014. — 369 с.
11. **Магрицкий Д.В.** Антропогенные изменения стока воды рек арктического региона // Геоэкологическое состояние Арктического побережья России и безопасность природопользования. — М.: ГЕОС, 2007. — С. 146–164.
12. **Винокуров Ю.И., Красноярова Б.А.** Трансграничный бассейн р. Иртыш: проблемы и решения // Регион: экономика и социология. — 2017. — № 3 (95). — С. 238–253.
13. **Безруков Л.А., Гагарина О.В., Кичигина Н.В., Корытный Л.М., Фомина Р.А.** Водные ресурсы Сибири: состояние, проблемы и возможности использования // География и природ. ресурсы. — 2014. — № 4. — С. 30–41.
14. **Медеу А.З., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С.** Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (концепция) // Труды Ин-та географии Республики Казахстан. — 2012. — Т. 1. — 94 с.
15. **Shiklomanov A.I., Lammers R.B., Lettenmaier D.R., Polischuk Yu.M., Savichev O.A., Smith L.C., Chernokulsky A.V.** Hydrological Changes: Historical Analysis, Contemporary Status, and Future Projections // Regional Environmental Changes in Siberia and Their Global Consequences. Chapter 4. Springer Environmental Science and Engineering. — Dordrecht: Springer Science Business Media, 2013. — P. 111–154.
16. **Stuefer S., Yang D., Shiklomanov A.** Effect of stream flow regulation on mean annual discharge variability of the Yenisei River // Cold Region Hydrology in a Changing Climate. Proceedings of symposium H02, IUGG2011, Melbourne, Australia, July 2011. — Melbourne: IAHS Publ., 2011. — P. 27–32.
17. **Yang D., Kane D.L., Hinzman L.D., Zhang X., Tingjun Zhang T., Ye H.** Siberian Lena River hydrologic regime and recent change // Journ. of Geophysical Research. — 2002. — N 107. — P. 14-1–14-10.
18. **Львович М.И.** Человек и воды. — М.: Географгиз, 1963. — 568 с.
19. **Басс С.В., Жукова Н.В.** Влияние распашки целинных и залежных земель на сток некоторых рек Казахстана и Западной Сибири // Водный баланс СССР и его преобразование. — М.: Наука, 1969. — С. 233–247.
20. **Качество** поверхностных вод Российской Федерации в 2015 г.: Ежегодник с приложением. — Ростов-на-Дону: Изд-во Гидрохим. ин-та, 2016. — 552 с.
21. **Львович М.И.** Мировые водные ресурсы и их будущее. — М.: Мысль, 1974. — 447 с.
22. **Коронкевич Н.И.** Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения. — М.: Наука, 1990. — 205 с.
23. **Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Георгиади А.Г., Долгов С.В., Зайцева И.С., Кашутина Е.А., Мельник К.С.** Гидрология антропогенного направления: становление, методы, результаты // Изв. РАН. Сер. геогр. — 2017. — № 2. — С. 8–23.
24. **Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милокова И.П., Кашутина Е.А., Барабанова Е.А.** Современные и сценарные изменения речного стока в бассейнах крупнейших рек России. Ч. 2: Бассейны рек Волги и Дона. — М.: МАКС-Пресс, 2014. — 214 с.
25. **Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милокова И.П., Кислов А.В., Анисимов О.А., Барабанова Е.А., Кашутина Е.А., Бородин О.О.** Сценарная оценка вероятных изменений речного стока в бассейнах крупнейших рек России. Ч. 1: Бассейн реки Лены. — М.: МАКС-Пресс, 2011. — 180 с.

Поступила в редакцию 22 июня 2018 г.