

## ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И РЕЖИМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 556.5; 627.8

### ВОДОХРАНИЛИЩА ВОДОСБОРА АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ<sup>1</sup>

© 2019 г. Е. А. Барабанова\*

*Институт географии РАН  
Россия 119017 Москва  
\*e-mail: barea@inbox.ru*

Поступила в редакцию 10.11.2016 г.  
Принята к публикации 29.06.2017 г.

Проанализировано пространственно-временное распределение водохранилищ по водосборам морей Северного Ледовитого океана в пределах Российской Федерации и основным рекам, впадающим в него. Причем, р. Обь рассматривается в целом вместе с казахской частью бассейна Иртыша. Выделены и охарактеризованы этапы гидротехнического освоения водных ресурсов. Определено влияние водохранилищ на водный режим и годовой сток основных рек, впадающих в Северный Ледовитый океан. Показаны перспективы создания водохранилищ.

*Ключевые слова:* гидротехнические сооружения, морфометрические показатели водохранилищ, этапы развития, изменение стока.

**DOI:** 10.31857/S0321-0596462123-131

#### ВВЕДЕНИЕ

Цель данной работы – современная оценка числа и параметров водохранилищ водосбора арктических морей, омывающих Россию, их влияния на сток, а также ретроспективный обзор малоизвестных аспектов создания этих водохранилищ.

Водосбор морей Северного Ледовитого океана (СЛО), омывающих Россию, или Арктический водосбор России – самый обширный водосбор на ее территории. Расположен большей частью в Сибири и на Дальнем Востоке, но включает также север Европейской части России. В статье рассмотрены водохранилища в пределах этого водосбора. По данным [11], здесь создано более 370 водохранилищ (объемом >1 млн м<sup>3</sup> каждое) с суммарным объемом ~620 км<sup>3</sup>. Большая часть водохранилищ сооружена на реках, впадающих в Карское море (Обь, Енисей), в Баренцево и Белое моря (рис. 1; табл. 1).

Как видно из табл. 1, водохранилища бассейна Енисея выделяются наибольшими суммарными показателями площади зеркала, полного, полезного и мертвого объемов. Здесь располо-

жены крупнейшие водохранилища России – Братское, Красноярское, Усть-Илимское, Иркутское, Богучанское, Саяно-Шушенское, большая часть которых входит в десятку крупнейших водохранилищ мира. На втором месте по площади зеркала и мертвому объему – 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. Его делят на два участка: речной (по долине р. Иртыш) и оз. Зайсан (на его месте образовался широкий плес). Больше число других водохранилищ бассейна Оби, кроме Новосибирского, представляет собой небольшие искусственные водоемы, созданные, в основном, для целей орошения и рыбного хозяйства, поэтому, несмотря на их большое количество, суммарные показатели невелики.

Изучению этих водохранилищ, их влиянию на речной сток, окружающую среду посвящено много работ [1, 6, 7, 13, 26, 27]. Большая часть из них выполнена довольно давно, не охватывает всего Арктического водосбора России и всего периода функционирования водохранилищ.

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты № 17-05-00948 и № 18-05-60240.

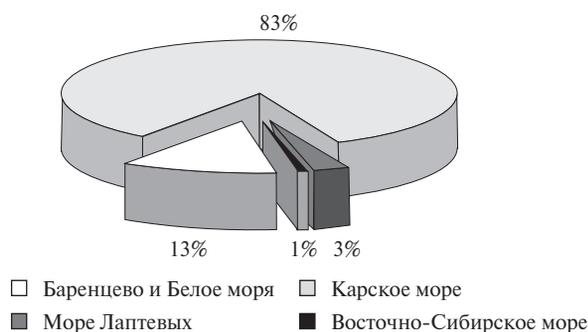


Рис. 1. Распределение количества водохранилищ по бассейнам морей СЛО.

### К ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Водоохранилища на реках Арктического водосбора России начали создавать в XVIII в., что тесно связано с развитием металлургической промышленности, применявшей в то время в качестве двигателей исключительно водяные колеса. В этот период построено более 200 плотин на Урале, Алтае, в Карелии, Забайкалье. Заводские плотины достигали в длину 200 м, в высоту 6–6.5 м. Гидротехнические сооружения так называемого “русского типа”, состоящие из земляных плотин с деревянным водосбросом и деревянных водоподъемных плотин, характеризовались большой продуманностью схем, оригинальностью конструктивных решений, быстротой строительства. Как правило, плотины возводились за один строительный сезон [16, 19]. Многие из построенных в то время плотин реконструированы и используются в настоящее время.

Черноисточинское водохранилище, одно из самых первых в этом регионе, создано в 1729 г. на месте озер в бассейне р. Черный Исток, левого притока р. Тагил, для нужд железоделательного завода Демидовых. В настоящее время это источник питьевой воды для населения и промышленных предприятий Нижнего Тагила. Водоём имеет также культурно-оздоровительное и рекреационное значение и является ландшафтным заказником Свердловской области [24].

В бассейне Северной Двины создание водохранилищ началось в связи с освоением месторождений болотной руды для водоснабжения чугунолитейных заводов в поселках Нючпас, Нювчим, Кажим. Кажимская плотина с водосбросом в деревянном виде построена в 1757–1758 гг. Чугунолитейный завод работал до 1942 г. Позднее, в 1956–59 гг. по проектам Гипроречтранс и Гипросельэлектро (г. Ленинград) плотина была реконструирована с возведением нового водосбросного сооружения из дерева свайно-ряжевой конструкции и приплотинной ГЭС мощностью 300 кВт. Общая длина плотины составляла 1.2 км, площадь водохранилища – 682 га, объем воды – 20.7 млн м<sup>3</sup>. В настоящее время Кажимское водохранилище объявлено памятником природы и используется населением в качестве источника воды, места отдыха и лова рыбы. Плотина Нювчимского водохранилища сооружена примерно в то же время (середина XVIII в.). В 1977 г. по причине полного износа конструкций водосброс был разобран, а водохранилище спущено, восстановлено в 1998 г. На территории Нювчимского водохранилища

Таблица 1. Суммарные морфометрические показатели водохранилищ водосбора арктических морей России [11]

Водоохранилища	Число водохранилищ	Площадь водохранилища при НПУ, км <sup>2</sup>	Объем водохранилищ, км <sup>3</sup>		
			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
бассейна Иртыша	23	6377.6	56.2	35.0	21.2
Бассейна Енисея	49	15243.3	427.0	140.5	286.5
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
Всего	362	43131.2	675.6	276.4	399.2

расположено холодноводное садковое форелевое хозяйство “Нювчим”, где ежегодно выращивается до 80 т разновозрастной форели [10].

Алапаевский пруд, или, как его еще называют, Нейвинское водохранилище, возвели в 1824 г. в нижнем течении р. Нейвы (бассейн Оби) для увеличения КПД Алапаевского железоделательного завода, который к тому моменту функционировал уже более ста лет, но все эти годы использовал водные ресурсы р. Алапахы (приток Нейвы). В настоящее время пруд расположен в черте г. Алапаевска Свердловской области и имеет для города эстетико-рекреационное значение как популярное место отдыха алапаевцев. Создание водохранилищ на Урале активно продолжалось в течение XVIII–XIX вв., в советский период их здесь стало меньше, но они стали более крупными.

В конце XIX в. все работы по освоению энергии рек имели локальный характер в связи с широким внедрением в промышленность паровых машин, что затормозило строительство крупных гидроустановок в России [28]. Период оживления гидроэнергетического строительства в России в начале XX в. связан с выполнением первого единого государственного перспективного плана развития народного хозяйства России, разработанного в 1920 г. Государственной комиссией по электрификации России (ГОЭЛРО). План предусматривал в том числе строительство 10-ти районных ГЭС. В эти же годы построено большое количество мелких ГЭС сверх плана. В 1930-е гг. заполнены водохранилища на трассе Беломорско-Балтийского канала им. В.И. Ленина (Выгозерское, Маткожнетское, Палакоргское, Ондское), водохранилища энергетического каскада на р. Ниве (Имандровское, Пиренгское, Пинозерское), водохранилища для лесосплавных целей (Тулмозерское и др.) [6].

Пик создания водохранилищ в СССР и в мире в целом приходится на 1960–1970-е гг., что в полной мере относится и к Арктическому бассейну (рис. 2). В эти годы гидроэнергетическое строительство перемещается на восток страны. В 1960 г. завершается строительство Бухтарминской ГЭС на Иртыше, интенсивно осваивается гидроэнергетический потенциал Ангары и Енисея. Первая ГЭС многолетнего регулирования стока на Ангаре – Иркутская – дала возможность, благодаря прокладке линии электропередачи Иркутск–Братск, приступить к сооружению крупнейшей ГЭС мира – Братской, с площадью зеркала водохранилища 5478 км<sup>2</sup> и полезным объемом 169.3 км<sup>3</sup>. Братская ГЭС, как и Иркутская, осу-

ществляет глубокое многолетнее регулирование стока. В 1974 г. началось заполнение водохранилища третьей ГЭС на Ангаре – Усть-Илимской, близкой по мощности и выработке энергии Братской ГЭС.

Первенец гидростроительства на самом Енисее – сооруженная в 1971 г. Красноярская ГЭС с объемом водохранилища 73.3 км<sup>3</sup>. В 1970 г. началось заполняться Усть-Хантайское водохранилище – самое северное в Сибири и самое нижнее в бассейне Енисея. В 1975 г. Енисей был перекрыт у устья р. Карловки и началось создание крупнейшего водохранилища горного типа – Саяно-Шушенского с полезным объемом ~31 км<sup>3</sup>, призванного осуществлять сезонное регулирование стока. В это же время началось строительство еще одной ГЭС в бассейне Енисея – Курейской, водохранилище которой было заполнено в 2002 г.

В 1965 г. началось создание Вилюйского водохранилища – крупнейшего по полному (35.9 км<sup>3</sup>) и полезному (17.3 км<sup>3</sup>) объему в Якутии, коэффициент регулирования стока которого близок к единице, т.е. полезная емкость водохранилища вмещает в себя весь средний многолетний годовой сток в створе плотины гидроузла [15].

В бассейне Оби в этот период в основном для целей орошения и рыбоводства было создано более 130 небольших водохранилищ с суммарным полным объемом 2 км<sup>3</sup> и площадью зеркала 726 км<sup>2</sup>. Самое крупное из этих водохранилищ (полный объем 0.47 км<sup>3</sup>, площадь зеркала 65 км<sup>2</sup>) – Гилевское, расположенное в Алтайском крае и образованное насыпной грунтовой плотиной в верховьях р. Алей в 1979 г. Оно создавалось с целью регулирования сезонного сто-



Рис. 2. Площадь зеркала и количество водохранилищ Арктического водосбора России по периодам (по [11] с дополнениями).

ка вод р. Алей, создания устойчивого источника водоснабжения Рубцовского промузла, сел и городов, тяготеющих к р. Алей, а также для орошения земель Алейской оросительной системы протяженностью 90 км и юго-западных степных районов края [8]. Три других водохранилища расположены в бассейне Иртыша. Шершневское водохранилище (полный объем 0.18 км<sup>3</sup>, площадь зеркала 39 км<sup>2</sup>) используется как основной источник водоснабжения г. Челябинска, а также его городов-спутников: Копейска, Коркино, Еманжелинска. Рефтинское водохранилище (полный объем 0.14 км<sup>3</sup>, площадь зеркала 25 км<sup>2</sup>) расположено на р. Рефт в Свердловской области, создано для водоснабжения Рефтинской ГРЭС. Леновское водохранилище (полный объем 0.14 км<sup>3</sup>, площадь зеркала 23 км<sup>2</sup>) создано на р. Тагил недалеко от г. Нижний Тагил для производственного водоснабжения промышленных предприятий города, а также для рыбо-разведения, рекреационных и культурно-оздоровительных целей [21, 25].

В 1980-е гг. продолжалось сооружение небольших водохранилищ в бассейне Оби для целей орошения и рыбо-разведения. В 1988 г. заполнено Курейское водохранилище. В 1988–1989 гг. достигло проектных объемов (полный объем 14.4 км<sup>3</sup>, площадь зеркала 443.4 км<sup>2</sup>) Колымское водохранилище на р. Колыме в Магаданской области. Режим работы Колымского водохранилища (заполнение в паводковый период и сработка зимой) привело к уменьшению паводковых расходов ниже по течению Колымы и увеличению зимнего стока.

Начавшиеся политико-экономические преобразования и последовавший инвестиционный кризис привели в начале 1990-х гг. к резкому снижению темпов строительства и торможению ввода в эксплуатацию многих гидроэнергообъектов. Так, строительство Богучанской ГЭС на Ангаре, начавшееся в 1980 г., в 1994 г. было приостановлено, а возобновлено лишь в 2006 г. Наполнение водохранилища началось только в 2012 г. и достигло проектной отметки в 2015 г. (полный объем 58.2 км<sup>3</sup>, площадь зеркала 2326 км<sup>2</sup>). Строительство Усть-Среднеканской ГЭС также затянулось более чем на 20 лет ввиду недостаточного финансирования, которое в 1990-е гг. осуществлялось в основном из федерального бюджета.

На рис. 3 показано увеличение площади и объемов водохранилищ в Арктическом секторе нарастающим итогом по рассматриваемым временным периодам.

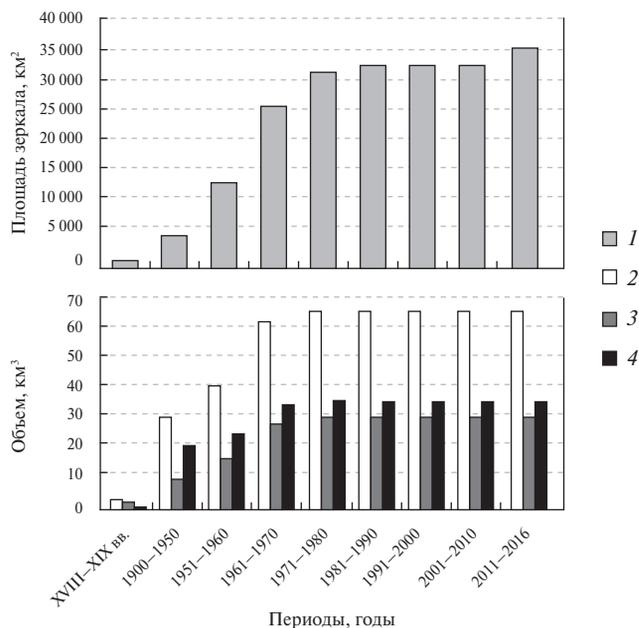


Рис. 3. Площадь зеркала (1), полный (2), полезный (3) и мертвый (4) объем водохранилищ в бассейнах рек России, впадающих в СЛО, нарастающим итогом по периодам.

## ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

В истории освоения гидроэнергетического потенциала водных ресурсов рек Арктического водосбора России можно выделить следующие крупные периоды:

I – начало гидротехнического освоения водных ресурсов (середина XVIII в.), связанное с развитием металлургической промышленности, применявшей в это время в качестве двигателей исключительно водяные колеса;

II – период оживления гидроэнергетического строительства, связанный с выполнением плана ГОЭЛРО, который был направлен на электрификацию промышленности и транспорта, применение электричества в земледелии (первая треть XX в.);

III – период крупного гидротехнического строительства, освоение гидроэнергетических ресурсов восточной части страны (середина XX в.);

IV – период стагнации, снижение объемов ввода в эксплуатацию гидротехнических сооружений, консервация строительства начатых объектов, связанное с инвестиционным кризисом и распадом СССР (начало 1990-х гг. – 2005 г.);

V – современный период освоения и эксплуатации водных ресурсов характеризуется формированием рыночных отношений, реформами,

поиском инвестиций и финансирования для завершения строительства начатых объектов, модернизацией объектов, проблемами обеспечения безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений, что связано с износом оборудования.

### ЗАРЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА РЕК АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

Отношение полезного объема к полному речному стоку – коэффициент емкости ( $K_e$ ) – показывает степень зарегулированности стока водохранилищами или степень потенциальной трансформации половодья; потенциальной – потому что фактически полезный объем срабатывается не каждый год [4, 5]. Для водохранилищ всего Арктического водосбора относительная емкость водохранилищ составляет 0.14, достигает максимальной величины (0.17) у водохранилищ, сооруженных на реках, впадающих в Карское море, и минимальной (0.03) – в море Лаптевых (рис. 4). Высокий коэффициент емкости – у водохранилищ, созданных в бассейнах рек Кольского п-ова на реках Ниве (0.62), Туломе (0.51), Пазе (0.49), Воронье (0.43) и др. (табл. 2).

Соотношение полезного и полного объемов водохранилища – коэффициент водохозяйственного использования емкости водохранилища ( $K_i$ ). У водохранилищ с малым  $K_i$  это соотношение наиболее велико. Средний  $K_i$  водохранилищ России и водохранилищ водосбора арктических морей России составляет 0.40, а его среднемировая величина достигает 0.55 [4, 5]. По морям СЛО, омывающим Россию, величины этого коэффициента приблизительно одинаковы и колеблются (за исключением Карского моря, 0.37) от 0.46 в Баренцевом и Белом море до 0.49 в море Лаптевых (рис. 4).

Приведем несколько примеров регулирования стока реками, впадающими в СЛО. Река Паз имеет высокий энергетический потенциал: пе-

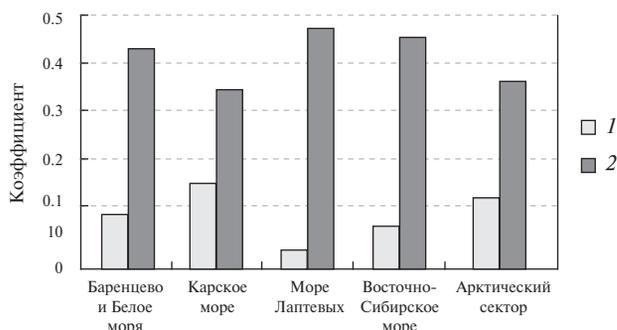


Рис. 4. Степень зарегулированности стока водохранилищами  $K_e$  (1) и коэффициент их водохозяйственного использования  $K_i$  (2) по бассейнам морей.

репад высот от истока до устья составляет 119 м. В 1950–1978 гг. на крупных порогах был создан каскад ГЭС – построено 5 российских (Кайтакоски, Янискоски, Раякоски, Хевоскоски, Борисоглебская) и 2 норвежских (Скугфосс и Мелькефосс). Озера превратились в водохранилища, и лишь на небольшом участке в пределах заповедника (Хеюхеньярви или Фьярванн) русло реки сохранилось в естественном виде. После создания на р. Паз каскада из семи плотин русло реки утратило первоначальный вид, а ее сток практически полностью зарегулировали [23].

Среднегодовое количество воды р. Кеми в устье составляет пятую часть всего речного стока, поступающего в Онежскую губу Белого моря. Со строительством каскада Кемских ГЭС река превратилась в цепь водохранилищ, а максимальный расход воды после регулирования стока уменьшился почти в 1.7 раза [2].

Крупные водохранилища Енисея и его притоков (Ангары, Хантайки, Курейки) регулируют от 23 до почти 37% годового речного стока. Саяно-Шушенское водохранилище (заполнено в 1985 г.) осуществляет сезонное регулирование стока. Майнское водохранилище – контррегулятор Саяно-Шушенской ГЭС, сглаживает колебания уровня, возникающие при смене режимов ее работы. Красноярское водохранилище

Таблица 2. Степень зарегулированности стока водохранилищами  $K_e$  и коэффициент их потенциального водохозяйственного использования  $K_i$  по бассейнам основных рек России, впадающих в СЛО (н.д. – нет данных)

Ке	Ки		
	низкий (< 0.4)	средний (0.4–0.5)	высокий (> 0.6)
Низкий (< 0.08)	Селенга, Кемь	Лена, Онега	Печора, Северная Двина, Выг
Средний (0.08–0.1)	н.д.	Колыма,	Обь
Высокий (> 0.2)	Енисей, Тулома, Нива	Воронья, Паз	н.д.

(заполнено в 1970 г.) осуществляет многолетнее регулирование стока. С вводом в строй Богучанского гидроузла в 2015 г. степень зарегулированности стока Енисея возросла почти до 39%. Регулирование стока привело к некоторому снижению водности летне-осенних паводков. В естественных условиях на самые многоводные месяцы (май—июль) приходилось > 63% годового стока воды. Доля стока зимних месяцев (ноябрь—апрель) составляла 13%. После создания каскада водохранилищ зимний сток увеличился до 21.5% годового, а половодный — уменьшился до 58.3%. В июле—октябре расходы воды составляют 86—98% среднегодовых значений [12].

В бассейне Колымы основная доля (65%) годового стока воды приходится на май—июль. В августе—октябре формируется 32% стока, а в ноябре—апреле — 3%. После сооружения Колымского гидроузла (в 1992—2001 гг.) доли двух сезонов в годовом стоке составили соответственно 46 и 21% у пос. Усть-Среднекана и 58 и 11% у г. Среднеколымска. На устьевом участке реки влияние работы гидроузла на внутригодовое распределение стока воды практически не сказывается [3].

### ВЛИЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ГОДОВОЙ СТОК РЕК АРКТИЧЕСКОГО ВОДОСБОРА

Уменьшение годового стока рек Арктического водосбора под влиянием водохранилищ складывается из потерь воды на заполнение мертвых объемов водохранилищ, которые определялись по их морфометрическим данным [11], и на дополнительное испарение с их акватории, определяемое по упрощенной методике ГГИ [26], т.е. умножением площади водохранилища при НПУ на разницу испаряемости и испарения с поверхности суши (в данном случае по [9]) (рис. 5). Это, конечно, ориентировочная величина, но она близка к полученной В.С. Вуглинским [7]. Так, дополнительные потери воды на испарение в бассейне Енисея, по расчетам автора статьи, составляют  $1.73 \text{ км}^3/\text{год}$  в среднем, а у В.С. Вуглинского —  $1.93 \text{ км}^3/\text{год}$ , в том числе  $1.45 \text{ км}^3/\text{год}$  — дополнительное испарение с водного зеркала и  $0.48$  — с зоны подтопления (без Иркутского и Богучанского водохранилищ). Конечно, при этом не учтена компенсация для стока в нижних бьефах гидроузлов. Но она сравнительно невелика. Так, в [7] говорится, что “размеры такой компенсации за счет некоторого уменьшения разливов рек ниже гидроузлов в период весеннего по-

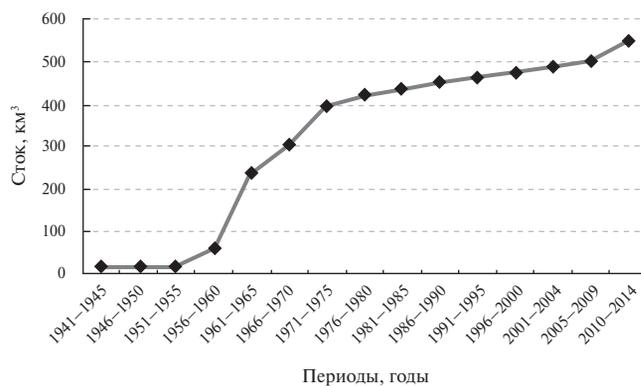


Рис. 5. Динамика уменьшения стока рек Арктического водосбора России под влиянием водохранилищ нарастающим итогом за период с 1941 по 2014 г.

ловодья даже в бассейнах крупных рек не превышают  $0.1 \text{ км}^3/\text{год}$  и ими можно пренебречь. Более существенная компенсация происходит за счет снижения площадей разливов на дельтовых участках крупных южных рек под влиянием водохранилища”. Так что проведенные автором статьи расчеты приблизительно соответствуют тем величинам, которые приводятся в [7].

Общие потери воды за счет водохранилищ определены с 1941 по 2014 г. С 1960 по 1975 г. происходил наиболее интенсивный рост объемов потери воды, сменившийся фазой относительно постоянных значений параметров, когда потери воды были только за счет дополнительного испарения с поверхности водохранилищ. В последнее время она возросла, главным образом, за счет ввода Богучанского водохранилища (рис. 5). К настоящему времени суммарное уменьшение стока рек Арктического водосбора за счет водохранилищ составляет >  $550 \text{ км}^3$ , из которых 76% — потери воды на заполнение мертвого объема, а 24% — на дополнительное испарение. Большая часть потерь на заполнение мертвого объема водохранилищ и дополнительное испарение приходится на бассейн Енисея — почти  $370 \text{ км}^3$ , из которых 77% приходится на заполнение мертвого объема. Потери воды за счет водохранилищ составляют, как показывают расчеты автора статьи, > 50% суммарного уменьшения годового речного стока под влиянием комплекса антропогенных факторов за период с начала 1940-х гг. по настоящее время.

### ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

По техническому потенциалу гидроэнергоресурсов Россия занимает второе место в мире после Китая. Основная часть потенциала сконцен-

трирована в Сибири и на Дальнем Востоке, и его реализация тесно связана с промышленным развитием этих регионов, с внедрением технологии сверхдальней передачи электроэнергии. Кроме удаленных от потребителей территорий, гидропотенциалом, менее значительным и не до конца освоенным, обладают многоводные реки Урала и Кольского п-ова.

По данным [20], в качестве рекомендованной для первоочередного проектирования и последующего строительства рассмотрена система из двух ГЭС на р. Иоканге, которая впадает в Святоносский залив Баренцева моря, с суммарным полным и полезным объемом водохранилищ — 1.62 и 0.7 км<sup>3</sup>. Также в перечень объектов для первоочередного проектирования и строительства включена Амгуэмская ГЭС (полная и полезная емкость водохранилища — 5.33 и 1.8 км<sup>3</sup>) на р. Амгуэме на крайнем северо-востоке Дальневосточного района в Чукотском АО. Проектные обосновывающие материалы этой станции очень высокой эффективности утверждены Минэнерго еще в 1985 г. Проект Амгуэмской ГЭС остался незавершенным из-за отсутствия финансирования. В качестве перспективной рассматривается и Эвенкийская ГЭС на р. Нижняя Тунгуска на севере Красноярского края, о проекте которой до сих пор идут споры (подготовительные работы по ее строительству начаты в конце 1980-х гг.). Беспрецедентны размеры водохранилища — площадь 9406 км<sup>2</sup>, полный объем 410, полезный — 101 км<sup>3</sup>. И по площади, и по объему водохранилище Эвенкийской ГЭС может стать крупнейшим в мире.

В ближайшие годы в Республике Саха-Якутия начнется реализация крупных энергоемких проектов, в связи с чем рассмотрены перспективы строительства Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса, гидроэнергетический потенциал которого позволит обеспечить электроэнергией не только Якутию, но и весь Дальневосточный регион, а также экспорт электроэнергии в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Комплекс должен включать в себя три каскада ГЭС на реках Учур, Тимптон, Олёкма и Верхне-Алданскую ГЭС на р. Алдан [18].

Несмотря на то, что Россия располагает огромным гидроэнергетическим потенциалом (852 млрд кВт ч/год), на современном этапе и в ближайшей перспективе, по мнению авторов [22], условия для развития гидроэнергетики в России неблагоприятны. Это объясняется рядом как экономических, так и финансовых причин. Вследствие этого планируемые мощности

ГЭС существенно снижены. Так, на период до 2035 г. намечается достройка только следующих ГЭС: Усть-Среднеканской в Магаданской области на р. Колыме (полный объем водохранилища 5.4 км<sup>3</sup>, полезный — 2.6 км<sup>3</sup>, площадь зеркала 265 км<sup>2</sup>), Канкунской в Южной Якутии на р. Тимптон (полный объем водохранилища 15.9 км<sup>3</sup>, полезный — 6.1 км<sup>3</sup>, площадь зеркала 244.6 км<sup>2</sup>), Тельмамской в Иркутской области на р. Мамакан (полезный объем водохранилища 1.9 км<sup>3</sup>, площадь зеркала 74.3 км<sup>2</sup>), Белопорожской в Карелии на р. Кемь.

В первоначальном проекте Белопорожской ГЭС предполагалась большая зона затопления, куда попадала старинная карельская деревня Панозеро, включенная во Всемирный список культурного наследия ЮНЕСКО. Чтобы сократить зону затопления, было предложено построить две малые ГЭС (площадь водохранилища 23 км<sup>2</sup>). Сооружение этих двух станций совокупной мощностью 49.8 МВт, начавшееся 11 октября 2016 г., стало первым проектом Нового банка развития БРИКС на территории России, дошедшим до стадии реализации. Строительство электростанций предполагается завершить до 2020 г. [17].

В настоящее время обсуждается вопрос о возможном изменении водного режима р. Селенги в связи с перспективными планами развития гидроэнергетики в Монголии. В число приоритетных проектов в Генеральном плане развития энергетики Монголии на 2015–2030 гг. входит ГЭС “Эгийн” (проектный объем водохранилища 5.7 км<sup>3</sup>) на р. Эгийн-Гол — притоке Селенги; кроме этого, планом рекомендуется строительство ГЭС “Шурэн” на основном русле р. Селенги (эти проекты с высокой степенью вероятности могут быть реализованы), а в качестве потенциальных объектов гидроэнергетического строительства в бассейне р. Селенги также предлагается рассматривать ГЭС “Орхон” и “Туул” с учетом их потенциально важной роли в будущем водоснабжении Южного региона и столицы страны [14].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ распределения водохранилищ по бассейнам основных рек, впадающих в СЛО (р. Обь учитывается вместе с казахской частью бассейна Иртыша), показал, что большая часть (83%) водохранилищ сооружена на реках, принадлежащих бассейну Карского моря (Обь, Енисей):

~40% суммарной площади, 70% суммарного полного и 60% полезного объема водохранилищ Арктического водосбора приходится на водохранилища бассейна Енисея. Выделено пять периодов гидротехнического освоения водных ресурсов: I – начало промышленного применения гидроэнергии (середина XVIII в.); II – оживления гидроэнергетического строительства, связанный с выполнением плана ГОЭЛРО (первая треть XX в.); III – крупного гидроэнергетического строительства (середина XX в.); IV – стагнации (начало 1990-х гг.); V – современный. Степень зарегулированности стока основных рек Арктического водосбора в среднем составляет 0,17, максимальная – в бассейне р. Нивы – 0,62. Коэффициент потенциального водохозяйственного использования емкости водохранилищ в среднем для рек Арктического водосбора составляет 0,4. Потери воды за счет заполнения мертвого объема водохранилищ и дополнительного испарения с их поверхности т.е. уменьшение годового речного стока, на водосборной территории СЛО > 550 км<sup>3</sup> за период с начала 1940-х гг. по настоящее время. Рассмотрены перспективы создания новых водохранилищ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авакян А.Б., Шаранов В.А.* Водохранилища гидроэлектростанций СССР. М.: ЭНЕРГИЯ, 1977. 399 с.
2. *Агафонова С.А., Жук В.А.* Кемь // Научно-популярная энциклопедия “Вода России”. [http://water-rf.ru/Водные\\_объекты/418/Кемь](http://water-rf.ru/Водные_объекты/418/Кемь)
3. *Алексеевский Н.И., Магрицкий Д.В.* Колыма // Научно-популярная энциклопедия “Вода России”. [http://water-rf.ru/Водные\\_объекты/434/Колыма](http://water-rf.ru/Водные_объекты/434/Колыма)
4. *Барабанова Е.А.* Глобально-региональные особенности регулирования стока рек под влиянием водохранилищ (по косвенным данным) // Вопросы географии. Сб. 133: Географо-гидрологические исследования / Отв. ред. Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А. М.: Изд. дом “Кодекс”, 2012. С. 297–311.
5. Вода России: Водохранилища / Под ред. Черняева А.М. М.: АКВА-ПРЕСС, 2001. 700 с.
6. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду / Отв. ред. Воропаев Г.В., Авакян А.Б. М.: Наука, 1986. 368 с.
7. *Вуглинский В.С.* Водные ресурсы и водный баланс крупных водохранилищ СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 222 с.
8. Гилёвское водохранилище. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гилёвское\\_водохранилище](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гилёвское_водохранилище)
9. *Зубенко Л.И.* Испарение на континентах. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 264 с.
10. Кажимское водохранилище в Койгородском районе республики Коми // Койгородок. Сайт Койгородского района. Республика Коми. [http://www.koigorodok.ru/main/poselki/kajim/kajimskoe\\_vodohranilisce](http://www.koigorodok.ru/main/poselki/kajim/kajimskoe_vodohranilisce)
11. Каталог водохранилищ СССР. М., 1988. 276 с.
12. *Кортаев В.Н., Иванов В.В., Чалов Р.С.* Енисей // Научно-популярная энциклопедия “Вода России”. [http://water-rf.ru/Водные\\_объекты/78/Енисей](http://water-rf.ru/Водные_объекты/78/Енисей)
13. *Магрицкий Д.В.* Антропогенные изменения стока воды рек арктического региона // Геоэкологическое состояние Арктического побережья России и безопасность природопользования. М.: ГЕОС, 2007. С. 146–164.
14. *Макаров А.В.* К вопросу обеспечения национальной экологической безопасности в связи с планами развития гидроэнергетики в Монголии // Запад и Восток: пространственное развитие природных и социальных систем. Материалы международ. науч.-практ. конф. Улан-Удэ, 2016. С. 223–229.
15. *Малик Л.К., Барабанова Е.А.* Изменения в гидротехнической нагрузке на водные ресурсы // Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / Отв. ред. Коронкевич Н.И., Зайцева И.С. М.: Наука, 2003. С. 88–112.
16. *Непорожний П.С., Обрезков В.Ш.* Введение в специальность: гидроэлектроэнергетика. М.: Энергоатомиздат, 1990. 351 с.
17. Новый банк развития БРИКС до конца 2016 года начнет финансирование проекта в Карелии // ТАСС: экономика и бизнес. 16 октября 2016 г. <http://tass.ru/ekonomika/3708494>
18. ОАО Южно-Якутский ГЭК. <http://www.yakutia.rushydro.ru/hpp/general/>
19. Очерки истории техники в России с древнейших времен до 60-х гг. 19 в. Кн. I. 1978. 375 с.
20. Проектируемые объекты // РусГидро АО “Ленгидропроект”. <http://www.lhp.rushydro.ru/company/objectsmar/>
21. Рукотворный водоем на Ленеке // История Нижнего Тагила от основания до наших дней. [http://historyntagil.ru/ural/5\\_3\\_136.htm](http://historyntagil.ru/ural/5_3_136.htm)
22. *Савельев В. А., Чудинова Л. Ю.* Современные тенденции и проблемы российской гидроэнергетики // Сб. статей всерос. конф. “Энергетика России в XXI веке. Инновационное развитие и управление”. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015. С. 87–93. ISBN 978-5-93908-138-2.
23. *Фролова Н.Л.* Паз // Научно-популярная энциклопедия “Вода России”. [http://water-rf.ru/Водные\\_объекты/531/Паз](http://water-rf.ru/Водные_объекты/531/Паз)
24. Черноисточинское водохранилище // Реки–озера. <http://reki-ozera.ru/109026-vodohranilische-chnois-tochinskoe.html>

25. Шершне́вское водохранилище. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Шершне́вское\\_водохранилище](https://ru.wikipedia.org/wiki/Шершне́вское_водохранилище)
26. Шикломанов И.А., Веретенникова Г.М. Влияние водохранилищ на годовой сток рек СССР // Тр. ГГИ. 1977. Вып. 237. С. 27–48.
27. Эдельштейн К.К. Водохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. М.: ГЕОС, 1998. 277 с.
28. Электроэнергетика России (история и перспективы развития). М.: Информэнерго, 1997. 567 с.

## Reservoirs of the Catchment Areas of the Arctic Seas of Russia

E. A. Varabanova\*

*Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences*

*Russia 119017 Moscow*

*\*e-mail: barea@inbox.ru*

Received 10.11.2016

Accepted 29.06.2017

The spatial-temporal distribution of reservoirs in the catchment areas of the seas of the Arctic Ocean within the Russian Federation and the main rivers flowing into them have been analyzed. Additionally, Ob River is considered as a whole together with the Kazakh part of the Irtysh Basin. The stages of hydrotechnical development of water resources have been identified and characterized. The influence of reservoirs on the water regime and the annual discharge of the main rivers flowing into the Arctic Ocean have been determined. The prospects for the creation of reservoirs are shown.

**Keywords:** hydrotechnical structures, morphometric indicators of reservoirs, stages of development, flow change.

**DOI:** 10.31857/S0321-0596462123-131