УДК 556.55+628.1/3(470.22)

ДИНАМИКА ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В МЕНЯЮЩИХСЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ СЦЕНАРИЕВ: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ)

Филатов Н.Н., Литвиненко А.В., Богданова М.С., Литвинова И.А.

ФГБУН «Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН», Петрозаводск, e-mail: nfilatov@rambler.ru

На примере одного из самых богатых водными объектами субъектов РФ – Республика Карелия выполнен анализ современных изменений речного стока на территории Карелии за последние 50 лет, с учетом условий водного питания рек и климатическими изменениями. Важным аспектом работы является оценка влияния гидротехнического строительства, других антропогенных факторов на водный баланс, влияние которых возросло в современных экономических условиях. Рассмотрена динамика объемов водопотребления и особенности водопользования за период 1970–2013 гг.

Ключевые слова: водные ресурсы, водное хозяйство, климат, социо-экономика

DYNAMICS OF WATER SUPPLY AND WATER USE IN THE CHANGING SOCIO-ECONOMICAL CONDITIONS AND CLIMATE SCENARIOS: A RETROSPECTIVE ANALYSIS AND PREDICTION (REPUBLIC OF KARELIA AS EXAMPLE)

Filatov N.N., Litvinenko A.V., Bogdanova M.S., Litvinova I.A.

Northern Water Problems Institute of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, e-mail: nfilatov@rambler.ru

It was realized the analysis of contemporary changes of the river runoff for the past 50 years on the territory of the richest water region in Russian Federation – Republic of Karelia. An important aspect of the work is to assess the impact of hydraulic engineering and other anthropogenic factors on water balance, whose influence has increased in the current economic conditions. The dynamics of water consumption and water use especially during the period 1970–2013 yy.

Keywords: water resources, water resources, climate, socioeconomics

За последние 25 лет существенно изменились не только социально-экономические условия в регионах Российской Федерации и в частности, в Республике Карелия, но и климат, которые существенно повлияли на водное хозяйство региона. В настоящей работе выявлены закономерности использования водных ресурсов в современных социально-экономических условиях и при изменениях климата для совершенствования системы водного хозяйства.

Результаты исследования и их обсуждение

В гидрографическом отношении территория Карелии относится к бассейнам Белого и Балтийского морей. Кроме того, на крайнем юго-востоке очень небольшой участок относится к бассейну Каспийского моря (р. Волги). По современным данным общее число рек (включая Карельский перешеек) составляет 26,7 тыс. Преобладают водотоки длиной менее 10 км. Их количество – 25,3 тыс. (95 % от общего числа), общая протяженность – 52,3 тыс. км (63 %) [1]. Только 30 рек имеют длину более 100 км и относятся к категории средних. Густота речной сети в целом по Карелии составляет более 0,5 км/км^2. Площадь водосбора у подавляющего числа рек также мала. Только 366 водных систем имеют бассейны с площадью более 100 км^2, в том числе 51 система с водосбором, превышающим 1000 и пять систем – 10000 км^2 (р.р. Кемь, Выг, Ковда, Водла, Шуя).

Основными структурными элементами гидрографической сети Карелии являются водоемы (озера и водохранилища), во многом определяющие специфику водных систем республики. На территории Карелии насчитывается 61,1 тыс. озер с площадью более 1 га, с суммарной площадью около 18 тыс. км^2. Кроме того, в пределах республики находится около 40 % акватории Ладожского и 80 % Онежского озер, являющихся крупнейшими пресноводными водоемами Европы [4].

Одной из форм хозяйственного использования водных ресурсов является регулирование речного стока путем создания водохранилищ [2 ,3]. Объем воды,

аккумулированный в водохранилищах, равен 80,2 км^3 (без Верхне-Свирского). Из них общая полезная емкость составляет 18,6 км^3, что позволяет регулировать 47 % годового объема речного стока. Еще 65,0 км^3 воды сосредоточено в озерах, остающихся в естественном состоянии. Кроме того, к этим цифрам следует добавить большие части объемов Онежского (Верхне-Свирское водохранилище) и Ладожского озер. Основная часть вод, содержащихся в водоемах (78 %), находится в бассейне Белого моря, где они представлены, главным образом, водами водохранилищ. Здесь расположено около 90 % общей полезной емкости водохранилищ, регулируется 63 % объема речного стока. В балтийском бассейне воды сосредоточены, в основном, в озерах, сток менее зарегулирован и реки менее водоносны.

Пресные воды, накапливаемые в озерах и водохранилищах, относятся к стационарным запасам или вековым водным ресурсам с очень низкой скоростью возобновления. При современном водохозяйственном планировании их интенсивное использование обычно не предусматривается из-за возможных отрицательных экологических последствий. Как водные ресурсы эти объекты можно рассматривать лишь с точки зрения способов использования, не меняющих их количественных параметров (водный транспорт, рекреация, рыбное хозяйство). Для водопотребляющих отраслей экономики наибольший интерес представляют динамические запасы, непрерывно возобновляющиеся в процессе круговорота воды, то есть речной сток.

В средний по водности год сток рек Карелии составляет 57 км^3. Непосредственно на ее территории формируется 49,7 км^3 (так называемый «местный сток»). Остальные воды (13 %) поступают из сопредельных регионов (в основном из Финляндии и Архангельской области). В ходе статистического анализа данных по стоку рек за последние 55 лет не отмечается заметного тренда. Различия в изменчивости стока разных рек Карелии связаны в первую очередь с разными условиями водного питания рек и климатическими условиями, но они незначительны. При заметном потеплении климата в регионе [5] с 1990-х годов до настоящего врмени отмечается увеличение дисперсии колебинй стока всех представленных здесь рек, при заметном уменьшении стока последние 3–5 лет, что привело к снижению уровня воды озер. В особенности это сказалось на экосистемах крупных озер и обусловило проблемы водоснабжения региона.

В распределении речного стока по территории Карелии наблюдается закономерность, отвечающая ее климатическим и гипсометрическим особенностям. Общее понижение среднего многолетнего стока происходит с севера на юг, что согласуется с уменьшение годовых осадков и увеличением испарения в теплую половину года. Отмеченная закономерность, имеющая зональный характер, местами нарушается влиянием рельефа. Средние многолетние значения стока на территории Карелии изменяются от 300 до 450 мм и более. Около 55 % речного стока с территории республики поступает в Белое море, 25 – в Онежское и 20 % – в Ладожское озера. Учитывая многолетние колебания речного стока и исходя из условий наиболее полного удовлетворения в воде всех отраслей экономики, в водохозяйственной практике ориентируются на сток маловодного года, как правило, 95 %-ной обеспеченности (повторяемость в среднем один раз в 20 лет). В таких условиях местный сток составляет 63 % от среднемноголетнего или 31,8 км^3.

Абсолютные показатели не дают полного представления об обеспеченности водными ресурсами. Более показательны относительные характеристики – объем общего речного стока, приходящийся на единицу площади или одного жителя. Такие удельные цифры превышают средние значения для Российской Федерации приблизительно в 1,2 и 2,8 раза соответственно, хотя и несколько уступают аналогичным показателям Северного федерального округа и большинства областей, входящих в его состав.

Таким образом, обеспеченность Карелии поверхностными водными ресурсами достаточно высока и количественные параметры не являются фактором, лимитирующим развитие экономики республики (даже учитывая внутригодовую неравномерность речного стока). Существующие проблемы с водоснабжением населения и отдельных хозяйственных объектов имеют либо организационно-технический характер, либо связаны с несоответствием качества воды природных источников предъявляемым требованиям.

Основу водохозяйственном комплексе (ВХК) республики составляют водопотребление и водоотведение, динамика которых в значительной степени характеризует ситуацию, существующую во всем водном хозяйстве. Общее водопотребление складывается из объема используе-

мой воды следующих отраслей: населения и коммунально-бытовых предприятий; промышленности (производственные и коммунально-бытовые нужды); теплоэнергетики; сельского хозяйства; рыбного хозяйства.

Объем водопотребления в пределах той или иной территориальной единицы является функцией двух групп параметров. Первая, которую можно назвать социально-экономическими условиями, характеризует степень и характер экономического развития территории. Она включает в себя такие показатели, как численность населения, уровень урбанизации, степень благоустройства жилого фонда, развитие водоподающих систем, структуру экономики, наличие водоемких производств, объем производства продукции и т.п. Вторая группа (научно-техническая) отражает использование в производстве достижений НТП и мероприятий по экономии воды. Это совершенствование производства, развитие систем оборотного и повторного водоснабжения (СОПВ), внедрение прогрессивных безводных и маловодных технологий, сокращение потерь воды, соблюдение оптимальных норм водопотребления, особенно при орошении и т.д.

Динамика водопотребления представляет собой результирующую кривую, отражающую влияние всех перечисленных выше факторов, хотя их вклад неравнозначен, особенно для различных его видов. Так, для промышленного водопотребления, являющегося наиболее значимой единицей ВХК, определяющими явились объем производства и развитие СОПВ. До второй половины 80-х гг. XX века происходило постоянное наращивание выпускаемой продукции при одновременном интенсивном увеличении объемов оборотной и повторно используемой воды с параллельным осуществлением других водосберегающих мероприятий. В результате этого объем годового прямого водопотребления был практически постоянен. Отчетливая тенденция роста наблюдалась только для коммунально-бытовой отрасли.

В связи с изменившейся социально-экономической обстановкой с 1989 г. в Карелии наметился спад производства, что повлекло за собой резкое падение масштабов промышленного водопотребления. Причем данный процесс характерен для всех отраслей индустрии. И только в с конца 1990-х гг. наметилось замедление темпов развития этого явления и даже некоторый рост. В последние годы процесс уменьшения объемов промышленного водопотребления продолжился.

Подобные причины экономического характера обусловили аналогичную ситуацию для сельского, объем водопотребления в котором практически сошел к нулю.

И только в коммунальном хозяйстве в последние десятилетия существует достаточно устойчивая тенденция увеличения объемов используемой воды. Она обусловлена ростом населения республики до конца 1990-х гг., в первую очередь городского, развитием жилищного строительства, повышением степени благоустройства жилого фонда. Так, с 1970 по 1989 г. число жителей Карелии выросло на 10,7. Основной прирост (31 % дали жители городских поселений, в то время как численность сельского населения сократилась на 34 %. В настоящее время рост населения практически прекратился и даже наметилась тенденция к его сокращению, но на общей тенденции это сказалось мало, так как негативные демографические процессы в большей степени характерны для сельской местности. Однако, сокращение масштабов строительства жилья и коммунально-бытовых объектов, происшедшее в последующие годы, привело к некоторому снижению темпов прироста коммунально-бытового водопотребления и даже его снижению.

Рыбохозяйственное водопотребление, практически прекратившееся после 1991 г., с 2002 г. начало восстанавливаться. Его общий объем в 2013 г. достиг 27,4 млн м^3 и продолжает расти. В последние годы в Карелии, начало активно развиваться форелеводство. В данном случае форелеводство является не водопотребителем, а водопользователем, так как, занимаясь садковым рыбоводством, не производит изъятия воды из водных объектов и не сбрасывает сточных вод. Однако оно может оказывать существенное влияние на качество вод водоемов. В настоящее время в республике действует 56 хозяйства, специализирующихся на выращивании товарной продукции, рыбопосадочного материала и первичной переработки рыбы. Общий объем выпуска рыбной продукции (вылов и выращивание рыбы в 2014 г. составил 54,9 тыс. т (данные Института экономики Кар НЦ РАН). В ближайшее время планируется открытие еще ряда форелеводческих хозяйств, а также увеличение числа площадок действующих хозяйств и увеличение массы выращиваемой товарной рыбы.

Кривая динамики общего водопотребления интегрирует особенности раз-

вития отраслевых видов, и во многом определяется основным водопотребителем республики – промышленностью.
С 1975 по 1989 г. объем используемой воды вырос на 9,2 %, а количество воды оборотной и повторно используемой удвоилось. Но в последующие годы, в силу изложенных выше причин, суммарное водопотребление и объемы воды в СОПВ стали снижаться. К 1997 г. водопотребление снизилось на 36 %, а объемы воды в СОПВ – на 61 % и составили 204,0 и 746,7 млн м^3 соответственно. В настоящее время суммарное водопотребление равно 172, СОПВ – около 1,1 млн м^3.

Как уже отмечалось, основным водопотребителем в Карелии является промышленность, которая использует 99,5 млн м^3. Однако и в структуре общего водопотребления произошли серьезные и характерные изменения. На протяжении последних трех десятилетий доля коммунально-бытового водопотреблении в общем водопотреблении республики возрастала практически постоянно. Если в 1970 г. она составляла всего десятую часть, то к концу 1990-х гг. достигла трети от общего водопотребления. Такой рост обусловлен несколькими причинами: во-первых, за этот период примерно удвоилось абсолютное значение объемов коммунально-бытового водопотребления; во-вторых, практически постоянно происходило снижение доли промышленного водопотребления – основной составляющей общего водопотребления республики. Если в 1975 г. на долю промышленности приходилось 85 % воды, то в наше время этот показатель снизился до 58 %. За этот же период вклад коммунально-бытового хозяйства возрос 12 до 26 %. Таким образом, хотя промышленность и остается ведущим потребителем, ее удельный вес уже сопоставим с коммунальным хозяйством. Такое выравнивание долей является нормальным явлением для экономически развитых стран, если не принимать во внимание основные причины, его породившие.

Водоотведение, оказывающее наиболее сильное влияние на водно-экологическую ситуацию, является во многом производной от водопотребления. Их объемы (как суммарные, так и отраслевые) тесно коррелируют друг с другом, вследствие чего их динамика имеет сходный характер. Максимальные объемы сточных вод сбрасывались в водные объекты во второй половине 1980-х гг. (до 310 млн м^3 в год). К 2002 г. этот объем снизился примерно на треть и достиг 222,3 млн м^3. Основной вклад вносит промышленность (около 60 %), где также лидирует ЦБП. В настоящее время сброс сточных вод еще более снизился.

Для снижения негативного воздействия сточных, карьерных и дренажных вод на природные водные объекты осуществляется их очистка. Однако, ее масштабы недостаточны: в 2013 г. через канализационные очистные сооружения (КОС) пропущено только 81,6 % объема сточных вод.

Кроме того в 2013 г. по Карелии было сброшено 71751 тыс. м^3 ливневых вод, из них только 0,6 % подвергались очистки, остальные были сброшены без очистки.

Низка и эффективность работы очистных сооружений. Последние годы весь объем стоков, прошедших через КОС, относится к категории «недостаточно очищенных». Таким образом, общий объем загрязненных или недостаточно очищенных вод, сброшенных в гидрографическую сеть Карелии в 2013 г., составляет 200,2 млн м^3. Для их нейтрализации необходимо по самым минимальным требованиям (10-ти кратное разбавление для нормативно чистых без очистки и 50-ти кратное – для загрязненных и недостаточно очищенных) свыше 8 км^3 чистой воды или четверть объема стока всех рек Карелии в маловодный год 95 %-ной обеспеченности.

Заключение

В результате исследований было выявлено, что преобразование естественных озер в водохранилища региона кардинально изменило особенности функционирования озерных экосистем и особенности хозяйственного использования.

Установленно, что сток рек за последние 55 лет рек Карелии не имеет заметного тренда. Различия в изменчивости стока разных рек Карелии связаны в первую очередь с разными условиями водного питания рек и климатическими условиями, но он и незначительны. В пространственном распределении стока по территории наблюдается закономерность, отвечающая ее климатическим и гипсометрическим особенностям. Общее понижение среднего многолетнего стока происходит с севера на юг, что согласуется с уменьшение годовых осадков и увеличением испарения в теплую половину года.

В связи с изменившейся социально-экономической обстановкой после 1991 г. в Карелии наметился спад производства, что повлекло за собой резкое падение масштабов промышленного во-

допотребления. В особенности большое снижение водопотребления отмечается для сельского хозяйства. В коммунальном хозяйстве в последние десятилетия существует достаточно устойчивая тенденция увеличения объемов используемой воды. Рыбохозяйственное водопотребление, практически прекратившееся после 1991 г., с 2002 г. начало восстанавливаться. При этом отмечается большая нагрузка на водоемы Карелии, которая приводит к их эвтрофированию.

*Работа выполнена по проекту (№0223-*2014-0003) *Президиума РАН, Отделения наук о Земле «Оценка роли водных ресурсов с позиций национальной безопасности России».*

Список литературы

1. Каталог озер и рек Карелии / Под ред. Филатов Н.Н., Литвиненко А.В. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2000. – 191 с.

2. Литвиненко А.В., Богданова М.С., Карпечко В.А., Литвинова И.А. Исследование водных ресурсов бассейна Онежского озера и их использования на основе ГИС-технологий // Известия РГО. – 2012. – Т. 144, № 2. – С. 69–80.

3. Литвиненко А.В., Н.Н. Филатов, М.С. Богданова, В.А. Карпечко, И.А. Литвинова, Ю.А. Сало. Антропогенная трансформация и хозяйственное использование озера Выгозеро // Водные ресурсы. – 2014. – Т. 41, № 4. – С. 419–429.

4. Озера Карелии. – Справочник. Под ред. Филатов Н.Н., Кухарев В.И. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. – 302 с.

5. Филатов Н.Н., Руховец Л.А., Назарова Л.Е., Георгиев А.П., Ефремова Т.В., Пальшин Н.И. Влияние изменений климата на экосистемы озер Севера европейской территории России // Ученые записки РГГМУ. – 2014. – № 34. – С. 48–55.