

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ В БАСЕЙНЕ РЕКИ МОСКВЫ

Мельник К.С.

ФГБУН «Институт географии» РАН, Москва, e-mail: konsmelnik@gmail.com

Предпринята попытка оценить влияние гидротехнических сооружений (ГТС) на сток в бассейне реки Москвы, начиная с середины XIX и по начало XXI столетия. Дана характеристика и прослежена динамика создания ГТС. Определено комплексное влияние прудов, водохранилищ и переброски воды на годовой речной сток за рассматриваемые в статье периоды. Показана структура притока воды за год и его изменение по фазам водного режима р. Москвы в створе Рублевского гидроузла, в значительной мере интегрирующего влияние расположенных выше Москворецких водохранилищ, а также учитывающего подачу волжской воды по Вазузской гидротехнической системе за 1982–2010 гг. Показана трансформация сезонной структуры стока рек Москвы, Истры, Рузы под влиянием гидротехнического воздействия.

Ключевые слова: пруды, водохранилища, годовой речной сток, водный режим

HYDROTECHNICAL IMPACT ON WATER RESOURCES IN THE BASIN OF MOSCOW

Melnik K.S.

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: konsmelnik@gmail.com

This article attempts to assess the impact of hydrotechnical structures in the basin of Moscow on the runoff since the mid – XIX century to the present day. Given the general characteristic and reviewed the dynamics of their creation. Demonstrated the complex influence of ponds, reservoirs on the annual river flow for the periods discussed in the article. Shows the structure of annual inflow for the year and its change over the phases of the water regime of river Moscow in the alignment Rublevsky gaging station, which integrates the influence of upstream reservoirs for 1982–2010 years. Showed the transformation of the structure of the seasonal runoff influenced reservoirs of rivers: Moscow, Istra, Rusa.

Keywords: ponds, reservoirs, annual river runoff, water regime

Воздействие гидротехнических сооружений на водные ресурсы многогранно. Различные аспекты этого влияния рассмотрены в работах А.Б. Авакяна [1,2], К.М. Быкова [3], К.К. Эдельштейна [14, 15], В.А. Скорнякова [11], В.И. Клепова [7] и в целом ряде других. Большая часть этих работ выполнена уже давно или же не охватывает ряд аспектов гидрологической роли ГТС. Наиболее детально рассмотрен водорегулирующий аспект, заключающийся в уменьшении стока половодья и паводков и увеличении стока в межень, с сопутствующими этому последствиями для водообеспечения и безопасности населения и различных отраслей хозяйства, а также природных комплексов. Цель данного исследования заключалась в оценке влияния гидротехнических сооружений на годовой сток и водный режим реки Москвы за следующие периоды:

- середина XIX столетия (1860 гг.);
- начало XX столетия (1920–1930 гг.);
- 1880–1960 гг. (период, за который исчислялась норма стока для большинства рек СССР К.П. Воскресенским [5]);
- начало второй половины XX века (1960–80 гг.);
- начало XXI столетия (2000–2010 гг.).

Материалы и методы исследования

Для оценки гидротехнического воздействия на водные объекты бассейна реки Москвы были проанализированы ряды гидрологических наблюдений на рр. Москва, Истра, Руза за периоды до и после строительства Москворецких водохранилищ, использованы сведения об этих водохранилищах, а также о переброске воды по каналу имени Москвы и Вазузской гидротехнической системе. Все расчеты выполнялись применительно к средним климатическим условиям.

Результаты исследования и их обсуждение

К началу XX века на территории бассейна реки Москвы насчитывалось почти 900 прудов. На многих из них были водяные мельницы. Сильное сокращение их количества в середине XX века (в том числе из-за ослабления внимания к малой энергетике и перехода на централизованное энергоснабжение) – одна из причин истощения многих малых рек в межень. Увеличение числа прудов с начала второй половины XX века объясняется политикой облагораживания территорий населенных пунктов бассейна и созданием специальных рекреационных зон. В табл. 1. представлено изменение количества прудов и их площади,

начиная с середины XIX столетия. Наиболее крупные пруды сейчас расположены на территории города Москвы. Это, в частности, Царицынский (0,64 км²), Борисовский (0,68 км²), а также 13 Измайловских прудов общей площадью 0,42 км² и другие. Расчеты показывают, что средняя площадь одного пруда в бассейне реки Москвы менялась мало и составляет 0,05 км². К 30-м годам XX века численность населения Москвы превысила уже 2 млн человек. Для устранения дефицита воды в межень и устранения опасности наводнений, решения проблем водообеспечения и судоходства начиная с 1913 г. разрабатывались планы создания крупных гидротехнических сооружений, в первую очередь водохранилищ, которые были реализованы в следующем виде (табл. 2).

В 1928 г. было решено начать строительство Истринского водохранилища как технически наиболее выполнимого, ближе других расположенного к г. Москве [10].

В 1935 году на реке Истре была возведена плотина и образовано водохранилище площадью 33,6 км², полный объем которого составил 88 млн м³. Этот гидроузел положил начало созданию Москворецкой системы водоснабжения г. Москвы, в которую в дальнейшем вошли также Можайское, Рузское, Верхнерузское, Озернинское водохранилища.

В 1932–1937 гг. было принято решение о строительстве канала им. Москвы, обеспечивающего водоснабжение города Москвы и сделавшего его «портом пяти морей». Этот проект был реализован в 1937 г. с широким использованием труда заключенных.

Во второй половине XX века главным образом в бассейне р. Москвы шло строительство целого ряда водохранилищ [10]. Строительство Можайского гидротехнического комплекса началось в 1955 г., а наполнение – в 1960–1961 гг. Это водохранилище является самым крупным из Москворецких источников водоснабжения.

Таблица 1

Изменение количества прудов и их площади в бассейне реки Москвы [по 4, 9, 10]

Показатель	Середина XIX	Начало XX века	Начало второй половины XX века	Начало XXI века
Число	1778	889	1387	2081
Общая площадь, км ²	89	45	69	108

Таблица 2

Параметры водохранилищ, обеспечивающих водоснабжение города Москвы [по 4, 10, 11]

Река	Водоохранилище	Год создания	Площадь зеркала при НПУ, км ²	Объем водохранилищ, млн. м ³	
				Полный	Полезный
Химка	Химкинское	1937	4	29	6
Москва	Можайское	1960	30,7	235	221
Руза	Верхнерузское	1977	9	22	21
Руза	Рузское	1966	33	220	216
Озерна	Озернинское	1967	23,1	144	140
Истра	Истринское	1935	33,6	183	172
Волга	Иваньковское	1937	327	1120	813
Канал им. Москвы	Икшинское	1937	5,1	15	8
Канал им. Москвы	Пестовское	1937	11,6	54,3	20,2
Канал им. Москвы	Пяловское	1937	6,3	18	9,1
Канал им. Москвы	Учинское	1937	19,3	146	50
Клязьма	Клязьминское	1937	16,2	87	27
Вазуза	Вазузское	1977	105,3	540	437
Яуза	Яузское	1977	51	290	130
Всего			675,2	3103,3	2270,3
В том числе в бассейне реки Москвы			129,4	804	770

В 1959 г. Институтом Гидропроект им. С.Я. Жука был разработан проект переброски части стока р. Вазузы (один из притоков Верхней Волги) в бассейн р. Москвы. В итоге в 1971 г. было начато строительство крупной гидротехнической системы на территории Смоленской, Тверской и Московской областей, в бассейне верхней Волги – на р. Вазузе и ее притоках, а также на р. Рузе. В 1977 г. этот проект ВГТС (Вазузской гидротехнической системы) был реализован.

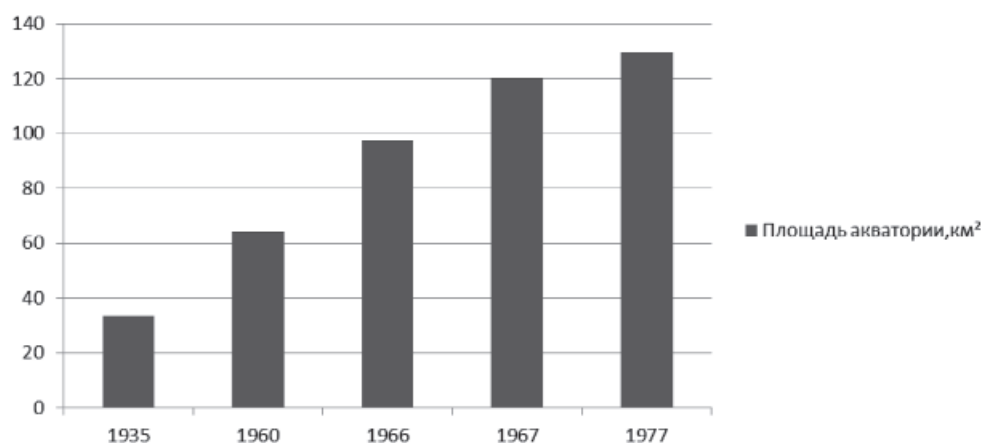
В бассейне реки Москвы находится пять основных водохранилищ Москворецкого источника водоснабжения, с общей площадью зеркала свыше 120 км² (около 20% от совокупной площади акваторий водохранилищ Московской области). Нарастание площади акваторий Москворецких водохранилищ представлено на рисунке. Совокупно их полный объем составляет почти 26% от суммарной величины всех основных водохранилищ, представленных в табл. 2; при этом полезный объем составляет почти 34% от общей величины.

реки Москвы, но и других, представленных в табл. 2. Общие потери воды на испарение определялись произведением величины испаряемости на площадь зеркала водохранилища, а расчеты фактических потерь воды для стока выполнялись при помощи следующей формулы:

$$\Delta E_{\phi} = (E_o - E) \cdot F_{\text{зер}}$$

где ΔE_{ϕ} – фактические потери воды для стока с площади зеркала водохранилища; E_o – испаряемость, мм; E – испарение с поверхности суши, мм; $F_{\text{зер}}$ – площадь зеркала водохранилища, км². Согласно картам [13] годовая величина дефицита испарения для рассматриваемого региона составляет в среднем 50 мм. Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Объем фактических потерь на испарение для стока с поверхности основных рассматриваемых водохранилищ составляет 32,9 млн м³, или 1,4% от суммы полезных объемов (2270 млн м³) этих искусственных водных объектов. Суммарный объем потерь на испарение Москворецких водохранилищ –



Нарастание площади акватории Москворецких водохранилищ, км²

Влияние на годовой сток

Пруды и водохранилища

Их влияние на годовой сток выражается в увеличении испарения с акватории и в затрате воды на заполнение так называемого «мертвого объема» водохранилищ, представляющего собой разницу полного и полезного объемов. При многолетнем регулировании стока он в отдельные годы может возрастать или уменьшаться за счет стока других лет.

Для оценки изменений годового стока были проведены расчеты для средних многолетних климатических условий не только с поверхности водохранилищ бассейна

5,6 млн м³ (0,7% суммарного полезного объема Москворецких водохранилищ). Еще ниже процент уменьшения речного стока в створе этих водохранилищ.

Общая площадь прудов на современном этапе близка к площади акватории Москворецких водохранилищ, составляющей около 130 км² (табл. 1), а в более ранние периоды пруды служили главным источником потерь воды на испарение. Применяя ту же методику расчета, что и в отношении водохранилищ, находим, что испарение с поверхности прудов незначительно превзошло то, что имело место в середине XIX столетия. Фактические потери стока в обоих слу-

чаях были близки к 5 млн м³ (табл. 3), при общих потерях воды под влиянием ГТС 10,6 млн м³. Стоит отметить, что, скорее всего, рассчитанные величины несколько преуменьшены, т.к. искусственные водоемы в основном расположены в пределах пойм, испарение с площади которых выше чем общее с поверхности суши.

Таблица 3

Потери воды на испарение с поверхности прудов и водохранилищ, расположенных в бассейне р. Москвы, млн м³*

Период	Общие потери воды на испарение	Фактические потери для стока
Середина XIX столетия	49	5
Начало XX века	25	2
Начало второй половины XX века*	115/77	10/6
Начало XXI века*	136/77	11/6

Примечание. *В числителе – всего, в знаменателе – с акватории водохранилищ.

Как следует из анализа табл. 2, на заполнение мертвого объема водохранилищ (для прудов им можно пренебречь) было израсходовано 34 млн м³ воды. С момента создания первого водохранилища в 1935 г. и до последнего в 1977 году, в среднем за этот период за счет заполнения мертвых объемов река Москва ежегодно не досчитывалась 0,8 млн м³ воды. Эти потери составляют сравнительно небольшую величину по отношению к приходной части водного баланса водохранилищ.

Переброска волжской воды

Среднегодовое количество переброшенной волжской воды по каналу имени Москвы к началу второй половины XX века составило 1,7 км³ [3; 11]. В XXI столетии – 1,6 км³, с последующим уменьшением объемов подаваемой воды в 2009–2010 гг. до 1,3 км³ (по данным «Мосводоканал»).

Данные о переброске воды по ВГТС (Вазузской гидротехнической системе) несколько противоречивы. Так, гарантированная подача волжской воды с обеспеченностью 97% (при расходе воды 17 м³/с) в бассейн реки Москвы по ВГТС составляет 504 млн м³. Однако в случае, если водоподача к Рублевскому гидроузлу частично или полностью удовлетворяется притоком воды с незарегулированной территории, то перекачка воды из водохранилищ ВГТС может сокращаться или полностью прекращаться [7], что собственно было характерно для начала XXI века.

По оценкам В.А. Скорнякова и К.К. Эдельштейна фактические объемы переброски воды в бассейн реки Москвы по Вазузской системе составляют значительно меньше, 0,1–0,3 км³ [11]. Схожие результаты были получены и нами (в начале второй половины XX века – 0,192 км³) в результате вычета из сбросов воды Рузского водохранилища суммарного стока с его водосбора, рассчитанного умножением среднего слоя стока на площадь водосбора. С введением ВГТС в эксплуатацию, в 1977–1980 гг. (по сравнению с 1973–1976 гг.), осредненный за эти годы сток на р. Руза в створе Красное Село возрос более чем в 3 раза.

Суммарное воздействие прудов, водохранилищ и переброски стока

Как уже отмечалось и видно из табл. 4, потери речного стока, связанные с испарением воды с акваторий прудов и водохранилищ, а также с заполнением мертвого объема основных водохранилищ бассейна реки Москвы, относительно невелики. Так, с середины XIX века и до 1980-х гг. ежегодно они не превысили и 0,2% величины годового стока реки Москвы в замыкающем створе (г. Коломна). В начале второй половины XX века наиболее существенное воздействие оказала переброска волжской воды по каналу им. Москвы и ВГТС, с общим увеличением речного стока в замыкающем створе реки Москвы на 60% (без учета климатических, ландшафтно-гидрологических изменений, а также водозаборов и безвозвратных изъятий воды). К началу XXI века, в связи с кризисными явлениями в экономике, снижением доли водоемких производств, различными ограничительными мерами на водопотребление (введение квот, штрафов, повышение тарифов) переброска волжской воды снизилась и составила 50% годового стока реки Москвы в замыкающем створе.

С 1860-х по 2010 гг. с поверхности прудов, расположенных в бассейне реки Москвы, испарилось около 0,5 км³, при этом с акватории водохранилищ за 75 лет с момента создания Истринского гидроузла испарилось около 0,2 км³. По каналу им. Москвы за последние 80 лет было переброшено около 115 км³, а за 23 года постоянной работы ВГТС – около 4 км³. Совокупно за период эксплуатации канала имени Москвы и водохранилищ Вазузской системы в бассейн реки Москвы было переброшено около 119 км³.

Особый интерес представляет водный баланс Рублевского гидроузла, который в значительной мере интегрирует влияние расположенных выше Москворецких водохранилищ (Можайское, Истринское, Рузское, Озернинское), а также учитывает подачу волжской воды по ВГТС через Рузское водохранилище.

Таблица 4

Итоговое влияние ГТС на годовой сток реки Москвы, в среднем за год*

Показатель	Середина XIX века	Начало XX века	Начало второй половины XX века	Начало XXI века	Период исчисления нормы стока
Потери на испарение с поверхности прудов	-4,5/-0,14	-2,2/-0,07	-3,5/-0,1	-5,4/-0,2	-3,4/-0,1
Заполнение мертвого объема водохранилищ	–	–	-1,7/-0,05	0	-0,14/-0,04
Потери на испарение с водохранилищ	–	–	-5,6/-0,2	-5,6/-0,2	-0,02/0
Переброска по каналу им. Москвы	–	–	1720/54	1600/50	308/10**
Переброска по ВГТС	–	–	192/6	–	–
Всего	-4,5/-0,14	-2,2/-0,07	1901/60	1589/50	304/10**

Примечания:

*В числителе в млн м³, в знаменателе – в % от среднего многолетнего стока реки Москвы в замыкающем створе у г. Коломна (3170 млн м³ [5]);

** В скобках величина, не учитываемая при исчислении нормы стока.

Общая площадь территории, определяющей режим реки Москвы выше Рублевского г/у, составляет около 7500 км². Она включает водосбор незарегулированной территории, размером 3200 км². Основные составляющие годовой величины притока воды к Рублево представлены в табл. 5. Если сброс воды из указанных водохранилищ определяется довольно точно (по данным «Мосводоканала»), то в отношении притока с незарегулированной территории (боковой приток) имеются существенные расхождения. Так, за последние годы, по разным оценкам, он составляет от 18 до 56% годовых величин притока воды к Рублевскому гидроузлу [6, 7, 12]. По нашим расчетам, боковая приточность определялась умножением слоя стока за период 1982–2010 гг., найденного как средняя величина для водосборов Истринского и Можайского водохранилищ за этот период, на площадь указанной территории. Доля боковой приточности в данном случае оказалась равной 40%.

Ниже Рублевского гидроузла, в черте города, участок реки Москвы представляет собой водное пространство, образованное гидроузлами Карамышево и Перерва, которые практически не влияют на годовой сток, который изменяется главным образом, переброской воды по каналу имени Москвы и притоком из рек Сетунь и Яуза.

Влияние ГТС на внутригодовое распределение речного стока

Влияние водохранилищ

Влияние прудов на водный режим сравнительно невелико. Для оценки изменения водного режима основных рек под влиянием водохранилищ для каждой из них были вы-

браны периоды до их строительства и после. Определялась доля в % от годового стока. Ввиду отсутствия рядов данных или несоответствия работы гидрологических постов с работой ГТС в большинстве своем приходилось ограничиваться рядами данных лишь одного поста, расположенного в нижнем бьефе.

Таблица 5

Структура речного притока к Рублевскому г/у за 1982–2010 гг.

Основные составляющие	Объем годового стока, млн м ³	Процентное формирование стока, %
Можайское вдхр.	322	17
Рузское вдхр.	396	22
Озернинское вдхр.	175	9
Истринское вдхр.	217	12
Приток с незарегулированной территории (боковой приток)	728	40
Всего	1838	100

Для оценки изменения стока реки Истры был выбран створ Павловская Слобода, расположенный ниже Истринского водохранилища, с надежными гидрологическими рядами данных за 1925–1999 гг. Так как Истринское водохранилище было построено в 1935 г., было выделено два периода – до строительства водохранилища (1925–1934 гг.) и после строительства (1971–1980 гг.). В 1925–1934 гг. весеннее половодье (март – май) составляло более 58% годового стока, с расходами воды в летне-осенний (июнь – ноябрь) и зимний (декабрь – февраль) межень периоды – около

34 и 8% годовых величин соответственно. В 1971–1980 гг. доля весеннего стока составляла не более 35%, при этом возрос сток в зимнюю межень до 21% годовых величин, а в летне-осеннюю – до 44%.

Для оценки влияния Верхнерузского водохранилища на внутригодовое распределение стока реки Рузы выбран створ д. Красное Село, расположенный ниже Верхнерузского водохранилища, с рядами данных наблюдений 1973–1993 гг. Было выделено два периода – до создания водохранилища (1973–1976 гг.) и после (1977–1980 гг.). В период эксплуатации Верхнерузского водохранилища гидрологический режим р. Рузы также претерпел сильные изменения. Так, наблюдалось уменьшение расходов воды в период весеннего половодья с 66 до 44% годовых величин. В летне-осеннюю и зимнюю межени, напротив, имело место возрастание с 22 до 41% и с 12 до 15% годовых величин соответственно.

На реке Москве также выбран створ г. Звенигород, расположенный ниже Можайского водохранилища, с надежными гидрологическими рядами данных за 1917–1999 гг. Так как Можайское водохранилище было построено в 1960 г., выделено два периода:

– до строительства Можайского водохранилища (1939–1959 гг.), без 1941 г., когда отсутствуют среднемесячные расходы воды за 9–12 мес.;

– после строительства Можайского водохранилища (1961–1980 гг.).

В первый рассматриваемый период гидрологический режим р. Москвы в створе

Звенигород имеет ярко выраженное половодье (более 60% годового стока), доля расходов воды в % от годового в зимний и летне-осенний меженные периоды составляет около 8 и 30% соответственно. В период эксплуатации Можайского водохранилища величины расходов воды сопоставимы в весеннее половодье и летне-осеннюю межень и составляют около 40%. Доля речного стока в зимнюю межень – около 17%. Были также проанализированы синхронные ряды данных расходов воды реки Москвы за 1984–1992 гг. в основном зарегулированного участка (створ Рублево) и относительно естественного, незарегулированного (створ Барсуки). По сравнению со створом Барсуки, фиксирующим условно-естественный сток, доля стока во время весеннего половодья (март – май) в Рублево уменьшилась в 1,7 раз, а в зимний и летне-осенний меженные периоды возросла соответственно почти в 2 и в 1,4 раза. Сезонная структура притока воды к Рублевскому гидроузлу представлена в табл. 6.

Сезонная структура притока воды через ГТС к г. Москве за 2009–2010 гг.

На основе анализа имеющихся фактических данных было выявлено, что величина переброски по каналу имени Москвы на начало XXI века в зимнюю межень составляет 20%, в весеннее половодье – 22% и в летне-осеннюю межень – 58% годовых величин. Итоговое влияние Москворецких водохранилищ (с учетом Вазузской системы) и канала имени Москвы за 2009 и 2010 гг. представлено в табл. 7.

Таблица 6

Сезонная структура притока воды к Рублевскому гидроузлу за 1982–2010 гг.*

Характеристика	Зимняя межень	Весеннее половодье	Летне-осенняя межень	Год
Сумма сбросов Рузского, Озернинского, Можайского, Истринского вдхр.	271/25	304/27	535/48	1110/100
Боковой приток, поступающий с незарегулированной территории, выше Рублевского г/у	95/13	393/54	240/33	728/100
Всего	366/20	697/38	775/42	1838/100

Примечание. *в числителе – млн м³, в знаменателе – %.

Таблица 7

Основные составляющие притока воды реки Москвы по фазам водного режима в черте города за 2009–2010 гг.*

Период	Зимняя межень	Весеннее половодье	Летне-осенняя межень	Год
Сбросы воды Рублевского г/у	305/17	899/48	656/35	1860/100
Подача воды по каналу им. Москвы	264/20	291/22	766/58	1321/100
Всего	569/18	1190/37	1422/45	3181/100

Примечание. *в числителе – млн м³, в знаменателе – %.

Сезонная структура притока воды через ГТС к г. Москве за 2009–2010 гг. составила в зимнюю межень – 18%, в весеннее половодье – 37%, в летне-осеннюю межень – 45% годовых величин, т.е. оказалась близкой к тому, что имело место в среднем за 1982–2010 гг.

Представленные результаты расчетов еще могут уточняться, особенно за отдельные годы, хотя, как представляется, отражают общую картину гидротехнического преобразования стока реки Москвы. Но для оценки общего изменения стока в замыкающем створе требуется рассмотрение притока воды с урбанизированных территорий, а также результатов использования воды, в первую очередь безвозвратного расхода и объема сточных вод на фоне изменяющейся климатической обстановки, что является предметом дальнейших исследований.

Выводы

1. Гидротехническое освоение в бассейне реки Москвы с середины XIX века по 30-е гг. XX века представлено в основном изменением количества прудов, причем в настоящее время их число более 2000 с общей площадью 108 км², лишь незначительно превышает то, что имело место в середине XIX столетия (около 1800, с общей площадью 89 км²). При этом размер одного пруда составляет в среднем 0,05 км². С Истринского водохранилища, построенного в 1935 г., началось создание основных объектов Москворецкого источника водоснабжения, завершившееся в 1977 г. запуском Вазузской системы. Общая площадь водохранилищ, расположенных в бассейне реки Москвы, составляет 129 км², а суммарная величина их полезного объема – около 770 млн м³.

2. Потери годового стока, под влиянием прудов изменялись от 4,5 млн м³ в середине XIX века до 2,2 млн м³ в начале XX века, с последующим ростом до 5,4 млн м³ к началу XXI века. Потери воды с поверхности водохранилищ на дополнительное испарение составили около 5,6 млн м³. При этом на заполнение мертвого объема всех водохранилищ к 1977 году было израсходовано несколько более 30 млн м³.

3. Среднегодовое количество воды, поступающей по каналу имени Москвы в бассейн реки Москвы, составила 1,7 км³. В начале XXI века годовая подача воды по каналу имени Москвы снизилась до 1,6 км³. В начале второй половины XX века переброска воды по ВГТС оценивается в среднем в размере около 0,2 км³.

С 1860-х по 2010 гг. с поверхности прудов, расположенных в бассейне реки

Москвы, испарилось около 0,5 км³, при этом с акватории водохранилищ за 75 лет с момента создания Истринского гидроузла испарилось около 0,2 км³. По каналу им. Москвы за последние 80 лет было перебросано примерно 115 км³, а за 23 года постоянной работы ВГТС – несколько более 4 км³. Совокупно за период эксплуатации канала имени Москвы и водохранилищ Вазузской системы в бассейн реки Москвы было перебросано более 119 км³.

4. Годовая величина притока воды к Рублевскому г/у за 1982–2010 гг. составила 1838 млн. м³, из которых несколько более 60% поступило с зарегулированной водохранилищами территории, а около 40% приходится на боковой приток с незарегулированной территории.

5. Итого совокупное влияние ГТС на сток реки Москвы в замыкающем створе (г. Коломна) выразилось следующими величинами: середина XIX века – уменьшение на 0,2%, начало XX века – уменьшение менее чем в 1%, начало второй половины XX века – увеличение на 60%, начало XXI – увеличение на 50%, а за период исчисления нормы стока – увеличение на 27%.

6. Коренным образом изменилась сезонная структура стока реки Москвы под влиянием ГТС. По сравнению со створом Барсуки, фиксирующим условно-естественный сток, доля стока во время весеннего половодья (март – май) в Рублево уменьшилась в 1,7 раз, а в зимний и летне-осенний меженьные периоды возросла соответственно почти в 2 и в 1,4 раза.

7. Сезонная структура притока воды через ГТС к г. Москве за 2009–2010 гг. составила в зимнюю межень – 18%, в весеннее половодье – 37%, в летне-осеннюю межень – 45% годовых величин, т.е. оказалась близкой к тому, что имело место в среднем за 1982–2010 гг.

Список литературы

1. Авакян А.Б., Шарапов В.А., Салтанкин В.П. Водохранилища. – М.: Мысль. 1987. – 325 с.
2. Авакян А.Б., Шарапов В.А., Салтанкин В.П. и др. Водохранилища мира. – М.: Наука, 1979. – 287 с.
3. Быков Л.С. Канал им. Москвы как крупнейший водохозяйственный комплекс и его народнохозяйственное значение // Водные ресурсы. – 1974. – № 3. – С. 80–92.
4. Вагнер Б.Б., Дмитриева В.Т. Озера и водохранилища Московского региона: учебное пособие по курсу «География и экология Московского региона». – М.: МГУ, 2006. – 76 с.
5. Воскресенский К.П. Норма и изменчивость годового стока рек СССР. – Л.: Гидрометеониздат, 1962 – 552 с.
6. Гончаров А.В., Жук В.А., Мищенко М.А., Фролова Н.Л. Прогнозирование процессов формирования стока и качества воды в незарегулируемой части Москворецкого водоемосточника // Проблемы гидрологии и гидроэкологии, вып. 1 / под ред. Н.И. Алексеевского. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – С. 330–348.

7. Клепов В.И. Развитие методологии управления сложными водно-ресурсными...: дис. ... д-ра техн- наук. – М.: МГУП, 2011. – 280 с.

8. Лихачева Э.А., Смирнова В.Б. Экологические проблемы Москвы за 150 лет / РФФИ – М., 1994. – 248 с.

9. Лихачева Э.А. Экологические хроники Москвы. – М.: Медиа-Пресс, 2007. – 304 с.

10. Озерова Н.А. История изучения гидрографической сети бассейна реки Москвы: дис. ... канд. географ. наук. – М.: РАН, 2011. – 239 с.

11. Оценка ресурсов и качества поверхностных вод / под ред. В.А. Скорнякова, К.К. Эдельштейна. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 197 с.

12. Полянин В.О. Ландшафтно-гидрологический подход к моделированию стока с речного водосбора: дис. ... канд. географ. наук. – М.: МГУ, 2003. – 181 с.

13. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. – Т. 10. Верхне-Волжский район. – Л., 1973. – 475 с.

14. Эдельштейн К.К. Водохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. – М.: ГЕОС., 1998. – 277 с.

15. Эдельштейн К.К. Можайское водохранилище (комплексные исследования водохранилищ. Вып. III). – М.: МГУ, 1979. – С. 467.

References

1. Avakjan A.B., Sharapov V.A., Saltankin V.P. Vodohranilishha. M.: Mysl'. 1987. 325 p.

2. Avakjan A.B., Sharapov V.A., Saltankin V.P. i dr. Vodohranilishha mira. M.: Nauka, 1979. 287 p.

3. Bykov L.S. Kanal im. Moskvy kak krupnejshij vodohozhajstvennyj kompleks i ego narodnohozajstvennoe znachenie // Vodnye resursy. 1974. no. 3. pp. 80–92.

4. Vagner B.B., Dmitrieva V.T. Ozera i vodohranilishha Moskovskogo regiona: uchebnoe posobie po kursu «Geografija i jekologija Moskovskogo regiona». M.: MGPU, 2006. 76 p.

5. Voskresenskij K.P. Norma i izmenchivost' godovogo stoka rek SSSR. L.: Gidrome-teoizdat, 1962 552 p.

6. Goncharov A.V., Zhuk V.A., Mishhenko M.A., Frolova N.L. Prognozirovanie processov formirovanija stoka i kachestva vody v nezareguliruemoj chasti Moskvoreckogo vodo-istochnika // Problemy gidrologii i gidrojekologii, vyp. 1 / pod red. N.I. Alekseevskogo. M.: Izd-vo MGU, 1999. pp. 330–348.

7. Klepov V.I. Razvitie metodologii upravlenija slozhnymi vodno-resursnymi: dis. ... d-ra tehn- nauk. M.: MGUP, 2011. 280 p.

8. Lihacheva Je.A., Smirnova V.B. Jekologicheskie problemy Moskvy za 150 let / RFFI M., 1994. 248 p.

9. Lihacheva Je.A. Jekologicheskie hroniki Moskvy. M.: Media-Press, 2007. 304 p.

10. Ozerova N.A. Istoriya izuchenija gidrograficheskoj seti bassejna reki Moskvy: dis. ... kand. geograf. nauk. M.: RAN, 2011. 239 p.

11. Ocenka resursov i kachestva poverhnostnyh vod / pod red. V.A. Skornjakova, K.K. Jedel'shtejna. M.: Izd-vo MGU, 1989. 197 p.

12. Poljanin V.O. Landshaftno-gidrologicheskij podhod k modelirovaniju stoka s rechnogo vodosbora: dis. ... kand. geograf. nauk. M.: MGU, 2003. 181 p.

13. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Gidrologicheskaja izuchennost'. T. 10. Verhne-Volzskij rajon. L., 1973. 475 p.

14. Jedel'shtejn K.K. Vodohranilishha Rossii: jekologicheskie problemy, puti ih reshe-nija. M.: GEOS., 1998. 277 p.

15. Jedel'shtejn K.K. Mozhajskoe vodohranilishhe (kompleksnye issledovanija vodohranilishh. Vyp. III). M.: MGU, 1979. pp. 467.

Рецензенты:

Клепов В.И., д.т.н., доцент кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва;

Ясинский С.В., д.г.н., ведущий научный сотрудник Института географии РАН, г. Москва.
Работа поступила в редакцию 06.03.2015.