

4. <http://ekovolga.com/resursy/vodnye-resursy/1016-ekologicheskie-problemy-reki-nevy.html>

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ МОСКВЫ

Коронкевич Н.И., Мельник К.С.
Институт географии РАН, г. Москва
konsmelnik@gmail.com

С середины XIX века и по настоящее время изменения стока реки Москвы во многом обусловлены антропогенной нагрузкой на водные ресурсы рассматриваемого региона, одного из наиболее хозяйственно-освоенных в России. Отдельные части бассейна реки Москвы хорошо изучены в гидрологическом отношении, как и отдельные факторы формирования водных ресурсов. Вместе с тем, остается недостаточно изученным целый ряд вопросов. К их числу относится оценка влияния на годовой сток реки Москвы и его режим ряда антропогенных факторов, особенно Московской агломерации, в отдельные периоды прошлого и на современном этапе, когда произошла существенная перестройка в структуре хозяйственной деятельности на фоне климатических изменений.

Для рассмотрения выделяются следующие основные периоды:

- *середина XIX столетия* (1850-е гг.), когда условия формирования стока были близки к естественным;

- *начало XX столетия* (1900-1920-е гг.) – период, предшествующий быстрому росту антропогенных воздействий на водные ресурсы и существенным изменениям в характере ведения сельского хозяйства, связанным, в частности, с широким внедрением зяблевой пахоты под яровые культуры;

- *конец XIX столетия – до 60-х гг. XX столетия* – период, за который ранее исчислялась норма стока для большинства рек СССР [1-3] и для которого имеются обобщенные данные воднобалансовых станций [4]; принят в качестве исходного для расчетов гидрологических изменений в другие периоды. Для всего бассейна р. Москвы норма стока на основании карты его изолиний, содержащейся в [2], определена в работе в размере 180 мм.

- *середина второй половины XX столетия* (1960-1980-е гг.) – период наибольшего антропогенного воздействия на водные ресурсы, в целом;

- начало XXI столетия (2000-2010 гг.), характеризующееся выраженным разнонаправленным воздействием на водные ресурсы отдельных антропогенных факторов и наибольшим развитием урбанизированных площадей на фоне происходящих климатических изменений.

Кроме того, рассматривались и другие периоды, в частности 1930-1980 г., период, величина стока за который принята в последнее время в качестве нормы в Государственном гидрологическом институте (ГГИ) и Росгидромете. Однако эта норма ориентируется на годы значительного антропогенного воздействия на водные ресурсы и отчасти происходящих современных климатических изменений. Поэтому далее под термином «норма стока» подразумевается среднесреднегодный сток за период с конца XIX столетия до 1960-х гг., а последняя норма обозначается как «норма за 1930-1980 г.». Тем не менее, эти нормы близки по величине стока. Так, в створе г. Звенигород по данным Государственного водного кадастра (ГВК) [5] они соответственно равны 32,3 и 31,7 м³/с.

Бассейн реки Москвы издавна освоен человеком. Если судить по численности населения, то в бассейне происходило почти непрерывное нарастание общей антропогенной нагрузки на ее водосбор. Особенно быстро шел процесс урбанизации территории. При росте общей численности населения к настоящему времени по сравнению с серединой XIX века почти в 19 раз, численность городского населения возросла в 34 раза. Если в середине XIX века бассейн включал 7 городов, то в начале XXI – 40 (при уменьшении сельских населенных пунктов). Общая численность населения города Москвы за все рассматриваемые периоды возросла в 30 раз. Площадь городов увеличилась к 2010 г. почти в 20 раз, а к 2013 г. (в связи с расширением границ города) – более чем в 30 раз, хотя большую часть ее новой территории пока нельзя считать урбанизированной. При этом общая площадь водонепроницаемых территорий, занятых крышами домов, дорогами, тротуарами и пр. возросла почти в 20 раз. Общая площадь урбанизированных территорий бассейна реки увеличилась с середины XIX к началу XXI века почти в 68 раз.

Основные расчеты гидрологический изменений при учете *ландшафтных преобразований* показали, что среди них наибольшую роль в последнее время играло увеличение площади урбанизированных земель, особенно водонепроницаемых участков. Показано [6], что увеличение урбанизированных площадей в бассейне

р. Москвы на 1% приводит к такому же росту годового стока, а увеличение площади водонепроницаемых участков – к росту на 2-3%.

Гидротехническое освоение бассейна реки Москвы с середины XIX века по 30-е гг. XX века представлено в основном изменением количества прудов, наиболее крупные из которых можно считать малыми водохранилищами. Причем, в настоящее время общее их число (более 2000, с общей площадью 108 км²) лишь немногим более того, что было в середине XIX столетия (около 1800, с общей площадью 89 км²). При этом размер одного пруда составляет в среднем 0,05 км², а объем при средней глубине 2 м – 1 млн. м³. Общий объем прудов составляет довольно большую величину, однако их водорегулирующая роль сравнительно невелика, учитывая малый полезный объем, частые прорывы плотин при больших половодьях. К тому же за рассматриваемые периоды времени общее число прудов относительно мало менялось, как и их регулирующий эффект [7].

С Истринского водохранилища, построенного в 1935 г., началось создание основных объектов Москворецкого источника водоснабжения, завершившееся в 1977 г. запуском Вазузской системы (ВГТС). Общая площадь крупных водохранилищ, расположенных в бассейне реки Москвы, оценивается в 129 км², а суммарная величина их полезного объема в 770 млн.м³. Полезный объем созданных к настоящему времени водохранилищ в бассейне реки Москвы составляет примерно 1/3 объема рекордного стока половодья 1908 г. приблизительно 1% обеспеченности на «входе» в г. Москву у Рублевского гидроузла, что позволяет соответственно уменьшить размеры подобного наводнения и в значительной мере избежать катастрофических затоплений. Вместе с тем, создание прудов и водохранилищ приводит к уменьшению годового стока за счет заполнения «мертвого объема», а, главным образом, дополнительных потерь на испарение с их акватории.

Наибольшее воздействие на годовой сток реки Москвы оказала переброска стока по каналу им. Москвы и отчасти по ВГТС, превышавшая в отдельные годы 2 км³. В последнее время объемы перебрасываемой воды существенно снизились, хотя они по-прежнему значительно превышают величину безвозвратных изъятий при *использовании воды* на различные нужды. Общий безвозвратный расход воды в середине второй половины XX века оценивается в размере 557 млн м³, несколько меньше он был в начале XXI века, но

поскольку и в период исчисления нормы безвозвратные изъятия тоже имели место, уменьшение стока реки Москвы в последние десятилетия оценивается лишь в 2-3% .

В табл. 1 представлена разница значений стока реки Москвы по сравнению с периодом исчисления его нормы, обусловленная различными видами хозяйственной деятельности. Ее анализ свидетельствует о том, что с течением времени влияние ландшафтных преобразований непрерывно нарастало в сторону увеличения стока, достигнув максимума в начале XXI столетия (почти 10% от нормы), в основном в результате роста урбанизированных площадей.

Таблица 1 – Изменение стока р. Москвы по сравнению с периодом исчисления его нормы (3170 млн. м³) под влиянием основных видов хозяйственной деятельности при средних многолетних климатических условиях, млн м³

Показатель*	Середина XIX века	Начало XX века	Середина второй половины XX века	Начало XXI века
Ландшафтные преобразования	-194/-6	-35/-1	88/3	282/9
Гидротехнические воздействия**	-5/ <-1	-2/ <-1	1901/60	1589/50
Использование воды	58/2	18/ <1	-102/-3	-54/-2
Всего	-141/-4	-19/ <-1	1887/60	1817/57

* В числителе - изменения в млн. м³; в знаменателе – в %

**Без учета гидротехнических воздействий в период исчисления нормы стока

Гидротехническое воздействие на годовой сток, обусловленное, главным образом, переброской по каналу им. Москвы с середины 1930-х годов, составило 60% общего стока реки Москвы во второй половине XX века, при максимуме на рубеже XX и XXI веков с последующим снижением до 50%. Сравнительно невелико в последнее время, как отмечено выше, воздействие на годовой сток реки Москвы в результате безвозвратных изъятий воды, уступающее по размерам другим видам хозяйственной деятельности, представленным выше в табл. 1.

В два последних периода можно отметить практически одинаковое воздействие комплекса антропогенных факторов на речной сток, однако изменилась их структура, главным образом, за счет увеличения доли ландшафтных преобразований (в основном урба-

низация территории) на современном этапе и снижении доли гидро-технического воздействия. Применительно к стоку реки Москвы в замыкающем створе сток в отдельные периоды можно представить следующим образом (табл. 2). Итого, с учетом всех изменений в середине второй половины XX века он превысил 5 км³/год, а в начале XXI века – приблизился к этой величине.

Таблица 2 – Средний годовой сток реки Москвы в замыкающем створе при средних многолетних климатических условиях, млн. м³

Показатель	Середина XIX века	Начало XX века	Середина второй половины XX века	Начало XXI века	Период исчисления нормы стока
Объем стока	3029	3151	5057	4987	3170

Осредненный водохозяйственный баланс реки Москвы в начале XXI века, отталкиваясь от величины стока в середине XIX века, можно представить следующим образом (табл. 3). Приведенные здесь значения антропогенных воздействий определены по разнице с аналогичными показателями на уровне середины XIX века.

Таблица 3 – Водохозяйственный баланс реки Москвы в начале XXI в. при средних климатических условиях, млн. м³

Приходная часть		Расходная часть	
Условно-естественный сток р. Москвы на уровне XIX в.	3029	Потери на дополнительное испарение с прудов и водохранилищ	6
Ландшафтные преобразования	475	Безвозвратные изъятия в процессе использования воды	363
Переброска стока	1600	Дополнительная фильтрация в подземные горизонты	137
Забор подземных вод	389		
Всего	5493	Всего	506
Баланс: 4987 млн. м ³			

Вместе с тем, очевидно, что климатические условия существенно изменились в последнее время, способствуя в целом увеличению стока. Под их влиянием в створе г. Звенигород сток р. Москвы в 2000-2010 гг. возрос в среднем на 22%. Для оценки же увеличения стока реки Москвы в целом были привлечены сведения о местном стоке Московской области, содержащиеся в ГВК и свидетельствующие об его увеличении в этот период в основном под влиянием климата по сравнению с нормой за 1930-1980 г. на 17%. Учитывая, что обе нормы стока близки, можно очевидно, распространить это

относительное изменение (17%) и на весь бассейн реки Москвы, находящийся в центре Московской области.

В объеме стока это возрастание выражается в 539 млн.м³. Итого, с учетом же климатических изменений и всех видов хозяйственной деятельности фактический сток в бассейне реки Москвы в начале XXI века оценивается в среднем в 5526 млн. м³ (174 м³/с), что в 1,7 раза превышает за период исчисления его нормы. Из общего увеличения стока на 2356 млн. м³ более 77% (1817 млн. м³) приходится на долю антропогенных воздействий, а 23% – на влияние климата. Однако в самые последние годы отмечается тенденция снижения стока реки Москвы.

Кардинально в целом изменилось сезонное распределение стока. Сток в зимнюю межень, увеличившись по сравнению с нормой более чем в 3 раза, возрос в долевом участии внутригодового распределения в 2 раза, сток летне-осенней межени – соответственно в 2 и 1,3 раза. Сток весеннего половодья в объемном выражении вырос сравнительно мало – менее чем на 10%, при снижении доли вклада в годовой сток в 1,4 раза.

При учете современных климатических изменений в полном объеме (частично представлены в данных по гидротехническому регулированию стока), происходивших, согласно [8-11], в последние десятилетия и способствовавших усилению естественной зарегулированности стока, можно полагать, что доля зимней и летне-осенней межени еще выше, а доля весеннего половодья ниже полученных нами результатов, что требует дальнейших исследований.

Литература

1. *Воскресенский К.П.* Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза. Л.: Гидрометеиздат. 1962. – 548 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Том. 10. Книга 1. Верхне-Волжский район. М.: Московское отделение Гидрометеиздат., 1973. – 475 с.
3. Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза /Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 200 с.
4. *Коронкевич Н.И.* Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения - М.: Наука, 1990. – 205 с
5. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Ежегодное издание, 1982-2012 гг.

6. *Коронкевич Н.И., Мельник К.С.* Трансформация стока под влиянием ландшафтных изменений в бассейне реки Москвы и на территории города Москвы // Водные ресурсы, 2015, Т. 42, № 2, С. 133-143.

7. *Мельник К.С.* Гидротехническое воздействие на водные ресурсы в бассейне реки Москвы//Фундаментальные исследования, 2015, №2(6). С. 1230-1237.

8. *Георгиевский В.Ю.* Изменение стока рек России и Водного баланса Каспийского моря под влиянием хозяйственной деятельности и глобального потепления. Автореф. диссерт. на соискание ученой степени доктора географических наук. Спб: ГГИ, 2005, 39 с.

9. *Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю.* Влияние изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек России/ В кн.: Гидрологические последствия изменения климата. Новосибирск: 2007. С. 192-204 .

10. Атлас возобновляемых водных ресурсов Европейской части России/. М.: ИВП РАН, 2014. – 96 с.

11. *Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Телегина Е.А., Рец Е.П.* Максимальные и минимальные значения современного подземного стока как показатель естественных ресурсов подземных вод// Недропользование – XXI век. 2014. № 5. С. 27–33.

ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШАРДАРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Кузенбаев К.М.

Республиканское государственное предприятие

«Казгидромет», г. Алматы, Казахстан

Kaxan2909@mail.ru

Исследуется оценка гидравлического режима Шардаринского водохранилища на основе экспериментов на пространственной гидравлической модели при отметке НПУ.

Исходными данными для исследований послужили материалы, полученные от дирекции Шардаринской гидроэлектростанции «АО ШГЭС» и Алматинского Института энергетики и связи (АИЭС): техническое задание на гидравлические исследования и топография водохранилища. На гидравлической модели изучались процессы внутреннего водообмена, определяемые динамикой перемещения водных масс внутри водохранилища, гидравлические особенности