

КЛИМАТИЧЕСКИЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ В МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЯХ РЕЧНОГО СТОКА РЕКИ ВОЛГИ*

© 2013 г. А.Г. Георгиади, Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева,
Е.А. Кашутина, Е.А. Барабанова

Институт географии Российской академии наук, Москва

Ключевые слова: годовой и сезонный речной сток, изменения речного стока, климатические и антропогенные факторы.

Проанализирован вклад природно-климатических и антропогенных факторов в изменения стока р. Волги у г. Волгограда за период инструментальных наблюдений (1882–2007 гг.). Оценки основываются на двух независимых подходах: первый – на восстановлении годового и сезонного стока по регрессионным зависимостям с реками-индикаторам, второй – на данных водохозяйственной статистики и методах водного баланса. Выполненные расчеты показали довольно близкие между собой значения суммарного антропогенного уменьшения годового стока р. Волги.

Введение

Сток р. Волги, как и многих других рек в обжитых районах, формируется под влиянием природных и антропогенных факторов. Следствием сочетания природных, в основном климатических, и антропогенных факторов являются и многолетние изменения стока. При этом соотношение вклада природных и антропогенных факторов в происходящие изменения остается недостаточно изученным, несмотря на то, что соответствующие исследования велись и ведутся в Государственном гидрологическом институте Росгидромета (ГГИ), Институте водных проблем РАН, Институте географии РАН, географическом факультете МГУ и в других организациях [1–15]. Недостаточная изученность во многом обусловлена тесным переплетением во влиянии на сток природных и антропогенных факторов, трудностью их разделения.

Авторы также занимались этим вопросом применительно к изменениям годового и сезонного стока р. Волги и его временной динамики за период

* Исследования выполнены при поддержке программы Отделения наук о Земле РАН и Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 11-05-01057 и № 12-05-00665).

инструментальных наблюдений [16]. Предпринята попытка оценить воздействие как комплекса природно-климатических и антропогенных факторов, так и отдельных антропогенных факторов.

Концепция и основы методологии

Концепция исследования исходит из двух независимых подходов. В одном из них интегральная оценка влияния рассматриваемых факторов стока основана на восстановлении естественного (точнее условно-естественного) годового и сезонного стока. С помощью регрессионных связей указанных характеристик стока крупных рек и их притоков (рек-индикаторов), находящихся в области формирования стока главной реки в условиях относительно малого антропогенного воздействия, и сравнения восстановленного стока с фактическим. Другой подход, включающий в основном балансовые методы, позволяет оценить влияние на сток отдельных антропогенных факторов и всего их комплекса.

Разрабатываемый подход дает возможность выявить многолетние интегральные изменения речного стока; оценить изменения речного стока, обусловленные природно-климатическими факторами (по связям стока главной реки и стока рек-индикаторов); проанализировать многолетнюю динамику безвозвратного водопотребления (по данным водохозяйственной статистики), воздействия прудов и водохранилищ, а также влияния изменения структуры землепользования (включая изменение залесенности) и методов обработки почв, применяемых в земледелии. Одна из основных задач разрабатываемого подхода состоит в обобщении результатов сопоставления вклада отдельных факторов и их сочетаний в произошедшие изменения речного стока в различные периоды времени.

Для понимания многолетней динамики соотношения природных и антропогенных факторов в современных изменениях речного стока особый интерес представляют следующие периоды. С позиций воздействия климата – период теплого десятилетия в 1930–1940 гг., многолетние фазы понижения и повышения стока (ФПС и ФСС), последняя из которых с 1970–1980-х годов приурочена к периоду современного потепления климата [4, 17, 18]. Обе эти аномалии охватили практически всю Русскую равнину. Относительно потепления климата, начавшегося с 1970–1980 гг., полагаем, что оно все же преимущественно природного происхождения, хотя с определенной долей антропогенного влияния. Поэтому изменения стока, обусловленные климатом, будем относить к природным. С позиций антропогенных воздействий выделим условно естественный период (до начала 1930-х гг.), когда эти воздействия были относительно невелики, десятилетие 1980-х гг. – время наибольшей антропогенной нагрузки на водные ресурсы и современный период, начиная с 1990 г., характеризующийся резким ослаблением этой нагрузки на величину и режим стока. Кроме того,

представляют интерес период с конца XIX в. до начала 1960-х годов, принятый в свое время в качестве основного для исчисления нормы стока, а также период 1930–1980 гг., принятый в настоящее время в качестве современной нормы стока [2]. В ряде случаев границы периодов несколько смещены.

Результаты апробации методических подходов

Интегральные изменения годового и сезонного речного стока р. Волги у г. Волгограда, восстановленного по рекам-индикаторам

Характеристика метода восстановления условно-естественного стока. Оценка антропогенных изменений основана на восстановлении условно-естественного годового и сезонного стока и сопоставлении его с фактическим. Метод исходит из регрессионных связей стока крупных рек и их притоков (рек-индикаторов) [9, 14, 19, 20]. Водосборы рек-индикаторов относятся к основной области формирования стока р. Волги в условиях относительно слабого антропогенного воздействия.

Для восстановления годового стока и стока основных гидрологических сезонов р. Волги у г. Волгоград (зима, половодье, лето-осень) в качестве предикторов выбраны р. Ока в створе г. Калуги, р. Вятка – г. Киров и р. Белая – г. Бирск.

Для расчетов стока по гидрологическим сезонам использованы многолетние данные по среднемесячному стоку рек. На рис. 1 представлены гидрографы трех указанных рек-индикаторов, построенные на основе данных всего ряда наблюдений, а гидрограф р. Волги у г. Волгограда относится к периоду до начала введения в строй плотин Волжско-Камского каскада (1882–1935 гг.). Границы сезонов определялись на основе гидрографов и данных о среднемноголетних датах начала и окончания половодья и ледостава.

Характер межбассейновой корреляции между многолетними рядами годового и сезонного стока р. Волги у г. Волгограда и рек-индикаторов устойчив и показывает, что наиболее тесно сток главной реки связан со стоком рек Вятки и Белой (коэффициенты парной корреляции для года и сезонов находятся в диапазоне 0,62–0,8). С другой стороны, корреляция между рядами стока этих рек-индикаторов существенно ниже. Особое положение занимает р. Ока в створе г. Калуга, сток которой наименее тесно связан как со стоком р. Волги, так и со стоком рек Вятки и Белой. Относительно слабая корреляция между стоком рек-индикаторов повышает надежность множественной регрессии, использованной для восстановления условно-естественного стока р. Волги у г. Волгограда.

Параметры уравнений множественной линейной регрессии (для годового и сезонного стока) оценивались на основании многолетних данных, охватывающих период 1882–1935 гг. с относительно небольшим антропогенным влиянием на водные ресурсы. Регрессионные связи характеризуются

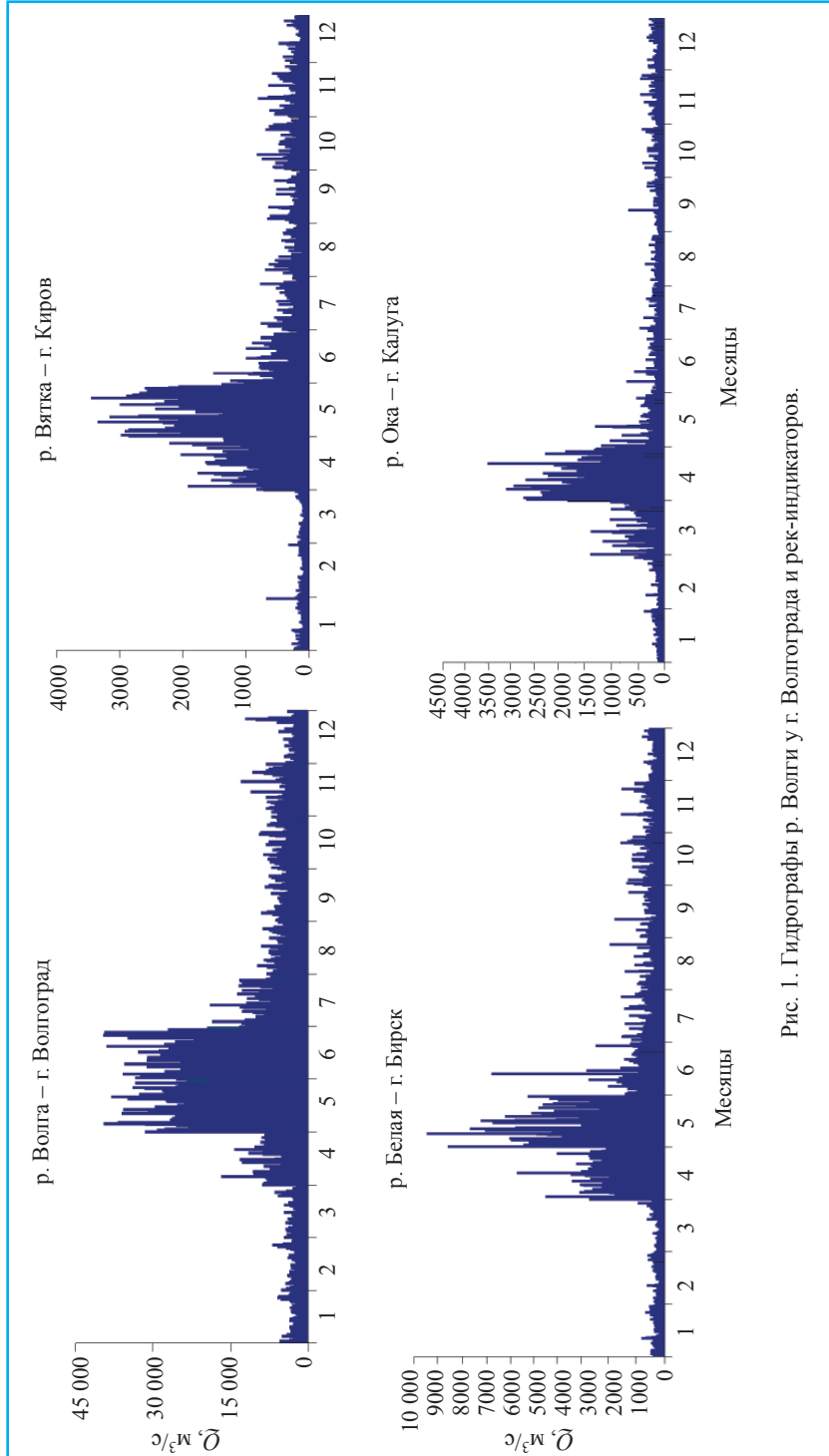


Рис. 1. Гидрографы р. Волги у г. Волгограда и рек-индикаторов.

достаточно высокими коэффициентами множественной линейной корреляции, которые составляют для половодья 0,89; стока летне-осеннего периода 0,86; для годового 0,85 и зимнего стока 0,8.

Была оценена устойчивость параметров уравнения регрессии применительно к годовому стоку, в т. ч. на независимых данных. Также проведено сравнение среднего многолетнего стока (по критерию Стьюдента при 5 % уровне значимости) и дисперсии (по критерию Фишера при 5 % уровне значимости) рядов восстановленного годового стока за период 1982–2007 гг., полученных в ГГИ [21] и на основании выполненных нами расчетов. Результаты показали, что по дисперсиям и средним они статистически однородны.

Результаты проведенного анализа показывают, что с наибольшей надежностью восстановлен условно-естественный годовой сток р. Волги у г. Волгограда, сток половодья и летне-осеннего периода.

Особенности многолетних изменений фактического и условно-естественного стока. Анализ разностно-интегральных кривых годового и сезонного стока (рис. 2) показывает, что антропогенные воздействия, определен-

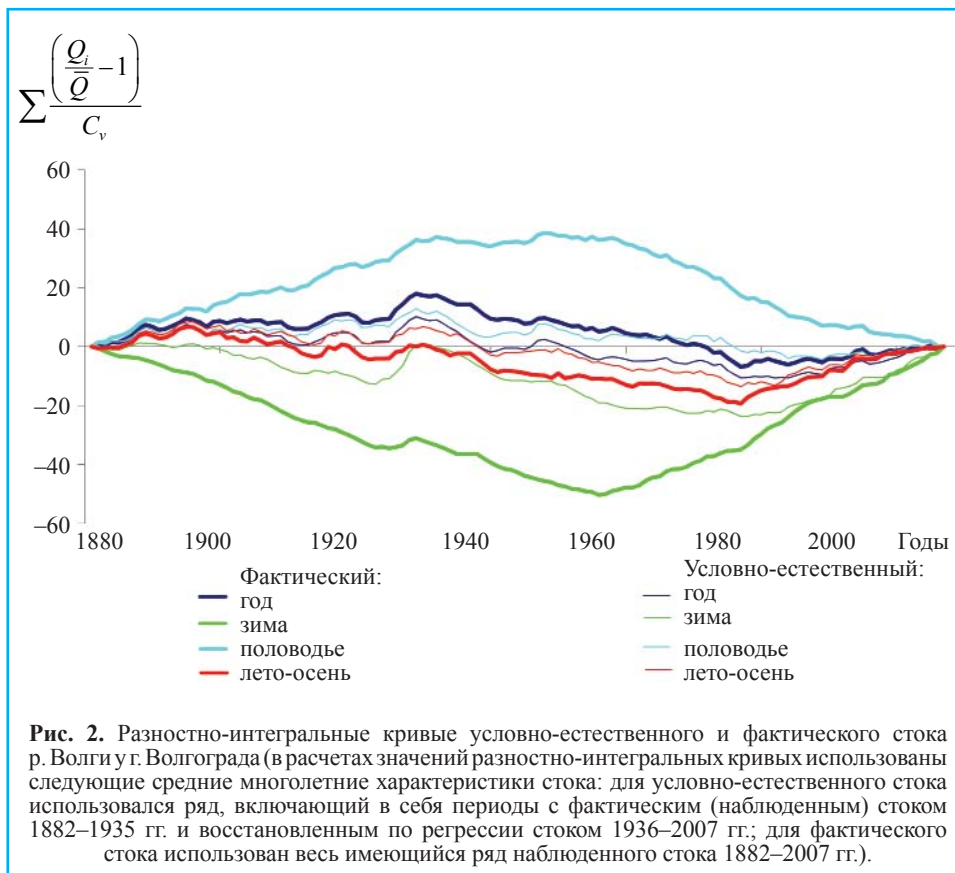


Рис. 2. Разностно-интегральные кривые условно-естественного и фактического стока р. Волги у г. Волгограда (в расчетах значений разностно-интегральных кривых использованы следующие средние многолетние характеристики стока: для условно-естественного стока использовался ряд, включающий в себя периоды с фактическим (наблюдаемым) стоком 1882–1935 гг. и восстановленным по регрессии стоком 1936–2007 гг.; для фактического стока использован весь имеющийся ряд наблюдаемого стока 1882–2007 гг.).

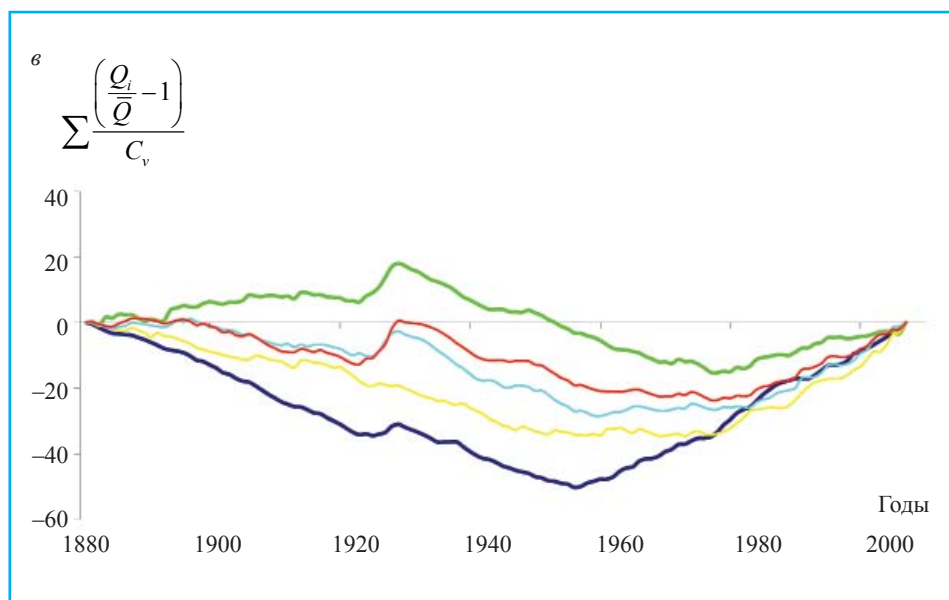
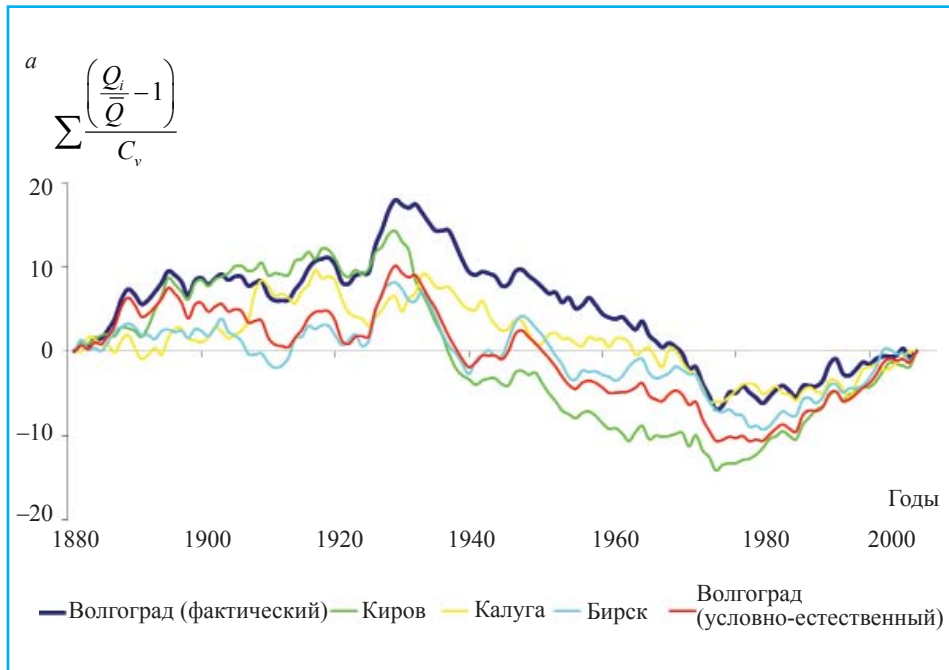
ные по разнице восстановленного и фактического стока, наиболее ощутимо сказываются на характере многолетних фаз стока зимы и половодья, тогда как изменения годового стока и стока летне-осеннего периода относительно менее заметны.

Антропогенное воздействие приводит к большему размаху многолетних ритмов изменений стока зимней межени и весенне-летнего половодья, а также к смещению границ начала-окончания многолетних фаз снижения и повышения стока (в особенности зимой). Условно естественное и антропогенно-измененное семейства разностно-интегральных кривых позволяют выделить фазу существенного снижения годового стока и стока за основные сезоны года в 1930–1940 гг. и в фазу повышения стока в 1970–1980 гг. При этом ее начало для годового стока и стока различных сезонов варьирует в достаточно широких пределах.

Сравнение разностно-интегральных кривых стока р. Волги у г. Волгограда (для фактического и восстановленного стока) и рек-индикаторов (рис. 3) показывает, что за более чем 120-летний период в долговременных изменениях годового стока и стока основных фаз водного режима на каждой из рек выделяются длительные фазы повышения и понижения стока разной продолжительности. Набор таких фаз, их последовательность и характер значительно отличаются между собой. В общих чертах синхронны долговременные изменения годового стока, стока зимы (на р. Вятке в отличие от других рек в начале периода наблюдений отмечается фаза повышения стока) и летне-осеннего периода (на р. Оке в начале периода наблюдений не выявлена фаза повышения стока). Характер изменения стока половодья р. Оки и фактического стока р. Волги у г. Волгограда практически мало отличаются между собой, но имеют кардинально иной ход изменений стока половодья по сравнению с реками Вяткой и Белой и восстановленного (условно-естественного) стока половодья р. Волги у г. Волгограда.

На всех рассматриваемых реках для годового и сезонного стока отчетливо выделяется фаза повышения стока, начало которой может быть отнесено к концу 70-х – началу 80-х годов XX в., и предшествующая ей фаза снижения стока, на фоне которой происходило резкое снижение стока во время маловодья 1930–1940 гг. Средние многолетние значения годового и сезонного стока в периоды (многолетние фазы) повышения и понижения стока р. Волги у г. Волгограда существенно отличаются (табл. 1).

Анализ кривых нарастающих сумм отклонений фактического (наблюденного) годового и сезонного стока от восстановленного (условно-естественного) стока показывает динамику изменения интегрального эффекта



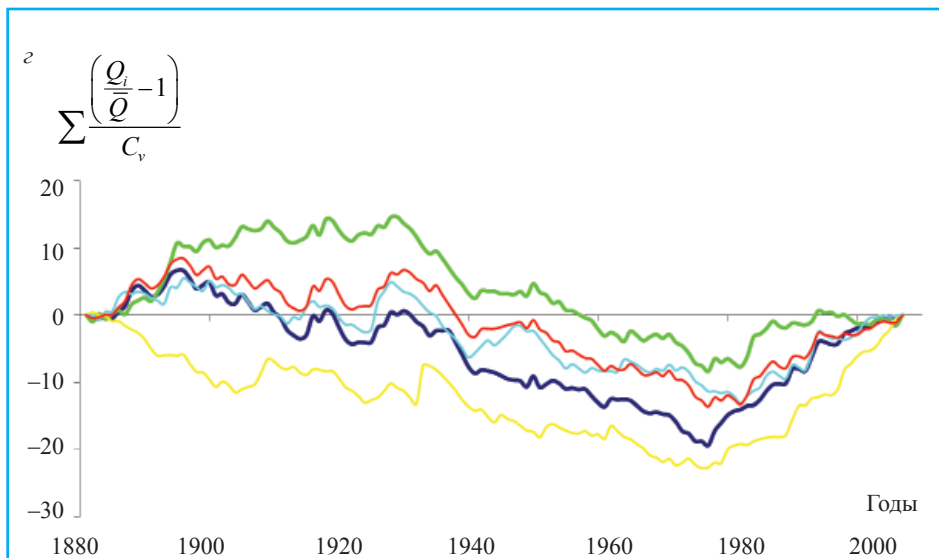
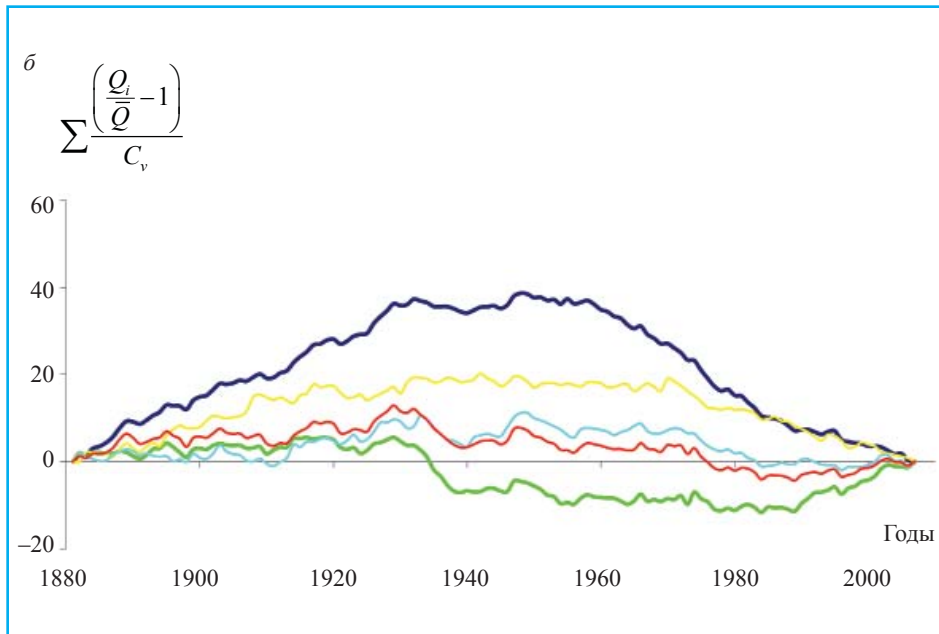


Рис. 3. Разностно-интегральные кривые для годового и сезонного стока рек-индикаторов и р. Волги у г. Волгограда: *a* – годовой; *b* – половодье; *в* – зимний; *z* – летне-осенний сток.

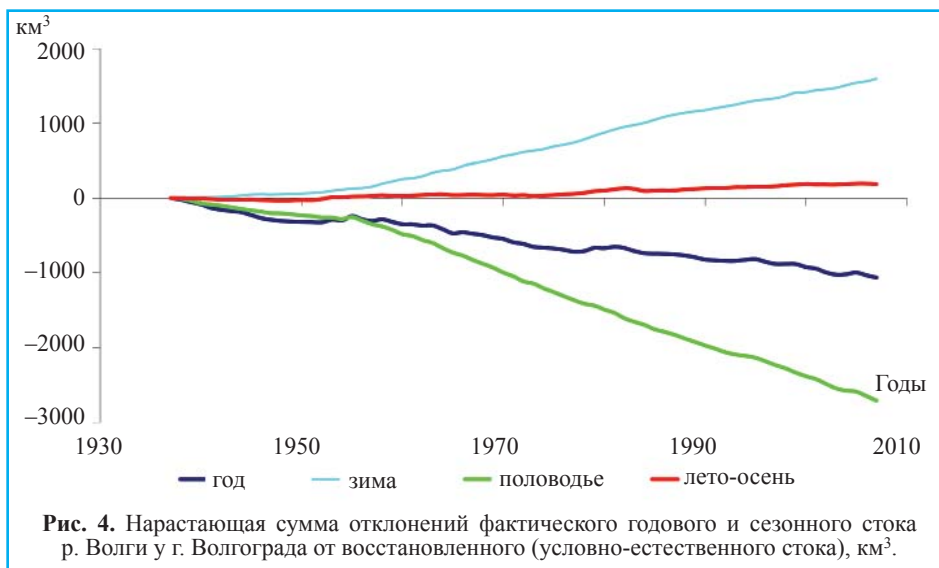
Таблица 1. Средний многолетний восстановленный (в числителе) и фактический (в знаменателе) сток р. Волги у г. Волгограда за избранные периоды, км³

Период, годы*	Сток			
	в среднем за год	XII–III	VIII–XI	IV–VII
Фаза повышения стока (ФПС 1) в условиях слабого антропогенного воздействия, 1882–1929	268/268	32/32	57/57	180/180
Фаза снижения стока (ФСС) при ощутимом антропогенном воздействии, 1930–1977	241/228 (1930–1977)	27/44 (1930–1978)	52/54 (1930–1989)	164/135 (1931–1977)
Фаза современного повышения стока (ФПС 2), 1981–2007	275/260 (1981–2007)	40/68 (1979–2007)	59/62 (1997–2007)	174/129 (1983–2007)
Экстремально маловодный период (ФСС), 1930–1940	215/210	23/25	44/45	147/142
Период нарастания антропогенного воздействия (ФСС), 1931–1980	243/231	27/45	50/52	164/134
Период максимального антропогенного воздействия (ФСС), 1981–1990	271/255	38/69	63/66	169/121
Период спада антропогенного воздействия (ФПС 2), 1991–2007	278/263	42/66	60/63	177/133
Период исчисления нормы стока, 1882–1960	257/254	29/32	54/54	173/168
Весь период наблюдений, 1882–2007	259/252	32/45	55/57	172/151

Примечание: * – здесь и далее в таблицах указаны границы долговременных фаз для годового стока, для сезонов года они в ряде случаев значительно отличались, поэтому сезонный сток рассчитывался в пределах временных границ многолетних фаз, свойственных каждому из гидрологических сезонов.

антропогенного воздействия (рис. 4). Влияние антропогенного фактора в наибольшей степени сказывается на стоке половодья (объем суммарного снижения стока за период 1938–2005 гг. составил 2594 км³) и годовом стоке (суммарное снижение 998 км³), тогда как зимний сток в общей сложности вырос на 1540 км³ (по балансу, как остаточный член, 1402 км³), а интегральный эффект антропогенного воздействия на сток за летне-осенний период (приведший к его росту) оказался относительно невелик (около 194 км³).

Интегральный вклад антропогенных факторов в изменения годового и сезонного речного стока. Данные табл. 2 показывают динамику изменения антропогенного влияния на годовой и сезонный сток р. Волги у г. Волгограда, которая характеризуется неравномерностью в многолетней ретроспективе и по сезонам года. При этом относительное антропогенное влияние



не сильно отличается в условиях многолетних фаз повышения и понижения годового, зимнего и летне-осеннего стока. Тогда как сток половодья в долгосрочную фазу повышения стока снижается под влиянием антропогенного фактора более существенно по сравнению с фазой снижения стока. Наибольшие антропогенные изменения происходили в 1961–1970 и 1971–1980 гг.

Сравнивая между собой фактический средний многолетний годовый и сезонный сток за 1882–1929 гг. (принятый в качестве условно-естественного периода с относительно небольшим антропогенным влиянием) и восстановленный по уравнениям регрессии сток за 1930–2007 гг., мож-

Таблица 2. Изменения стока, полученные по разнице восстановленного по уравнениям регрессии и фактического (антропогенно-измененного) стока в избранные периоды, в км³/% за избранный период в среднем за год/сезон

Период, годы	год		XII–III		VIII–XI		IV–VII	
	Δ	%	Δ	%	Δ	%	Δ	%
ФСС 1, 1930–1977	-13	-5	17	63	3	5	-29	-17
ФПС 2, 1981–2007	-15	-5	28	69	3	5	-45	-26
1931–1960	-9	-4	9	37	2	4	-14	-9
1961–1970	-20	-8	30	100	2	3	-51	-30
1971–1980	-12	-5	32	101	5	11	-50	-32
1931–1980	-12	-5	18	68	3	5	-29	-18
1981–1990	-15	-6	30	78	3	5	-48	-29
1991–2007	-15	-5	24	58	3	6	-44	-25
1882–1960	-3	-1	3	11	1	1	-5	-3
1930–2007	-13	-5	21	65	3	5	-35	-21
1882–2007	-8	-3	13	39	2	3	-21	-12

Таблица 3. Изменение стока, обусловленное климатическими изменениями и влиянием антропогенного фактора, км³/год-сезон

Годы	Вид стока	Сезоны			
		в среднем за год	зима	лето-осень	половодье
1882–1929	Условно-естественный (фактический)	268	32	57	180
1930–2007	Условно-естественный (восстановленный по уравнениям регрессии)	254	32	54	167
1930–2007	Антропогенно-измененный (фактический)	241	53	57	132

но оценить влияние изменения климата этого периода в изменение стока (табл. 3). Климатически обусловленное снижение годового стока, стока половодья и летне-осеннего стока составило соответственно 14, 13 и 3 км³, тогда как зимний сток практически не изменился, хотя в последние десятилетия наблюдается его заметное повышение. Воздействие антропогенного фактора также обусловило снижение годового стока и стока половодья такого же масштаба, как и изменение климата (на 13 и 14 км³ соответственно), однако оно привело к существенному повышению зимнего стока (на 21 км³) и летне-осеннего стока (на 3 км³).

Оценка антропогенных воздействий на годовой сток, основанная на водохозяйственной статистике и воднобалансовых методах

Проанализируем, что дают непосредственные оценки антропогенного воздействия на сток р. Волги у г. Волгограда.

Методы оценки. Влияние на сток р. Волги различных водопотребителей после 1960 г. оценивали по данным содержащейся в справочниках водохозяйственной статистики. При этом безвозвратный расход рассчитывали по разнице водозабора и сброса сточных вод. До 1960-х годов – по косвенным данным (численности населения, индексам изменения отраслей хозяйства).

Воздействие водохранилищ оценено по данным ГГИ [2]. Расчет изменения стока мероприятиями агротехники выполнен на основе воднобалансового метода [10]; осушения земель – методом О.М. Новикова, Д.С. Гончаровой [22]; эксплуатации леса и его восстановления – методом О.И. Крестовского [23]; урбанизированных площадей – методом М.И. Львовича [13] с учетом фактических площадей различных антропогенных воздействий на водосборе. Отметим, что площадь уплотненных поверхностей в результате урбанизации по сравнению с официальными данными, содержащимися в различных справочниках, на самом деле заметно выше.

Оценка отдельных антропогенных воздействий на годовой сток р. Волги. Анализ водохозяйственной статистики, а также ориентировочных оценок за

те годы, когда статистика отсутствовала, свидетельствует о том, что безвозвратное водопотребление в водохозяйственном комплексе (находимое в общем случае по разнице между водозабором и объемом сточных вод) возросло с 0,2–0,3 % от среднего годового стока р. Волги в период условно-естественного стока до 5–6 % в период наибольшего антропогенного воздействия в середине 1980-х годов. В 1990–2005 гг. это воздействие снизилось в среднем в 1,3 раза, а в последние годы почти в 2 раза. Потери водных ресурсов за счет дополнительного испарения с акватории водохранилищ и подтопленных ими земель, а также заполнения их объема взяты из данных [2], а за ранние годы в гидрологическом ряду определены по расчетам авторов. Они возросли практически с нуля в период условно-естественного стока до 8–9 % от годового стока во время самого активного гидротехнического строительства в бассейне р. Волги в 1956–1960 гг., а сейчас составляют в среднем 2–3 % стока реки. Совместное воздействие традиционного водного хозяйства и водохранилищ привело к уменьшению стока р. Волги к 2005 г. по сравнению с условно-естественным периодом (до 1930-х годов) почти на 480 км³.

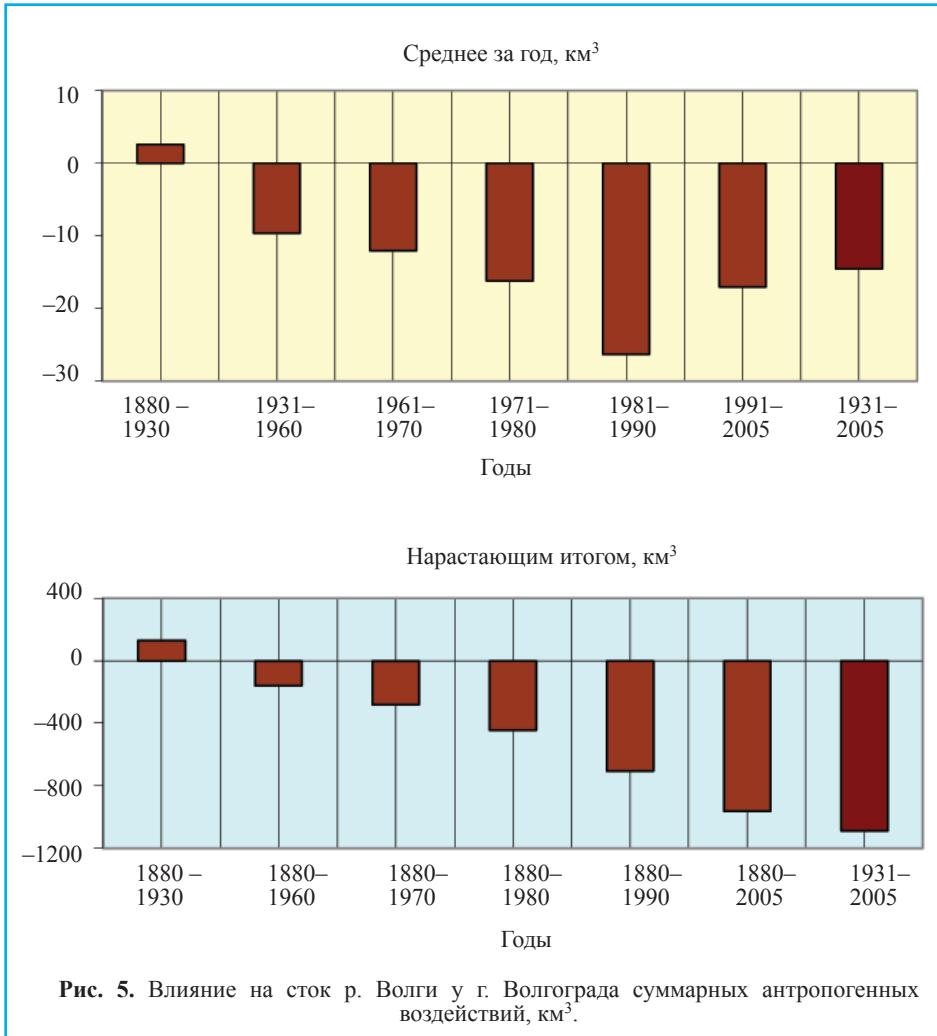
Расчет изменения стока мероприятиями агротехники показал, что нарастание влияния этого фактора шло от практически нулевого в условно-естественный период до 2–3 % от стока р. Волги в 1980-е годы, а затем снизилось до 1,0–1,5 % после 1990-х годов.

Осушение земель также имело незначительное применение в условно-естественный период, но в дальнейшем привело к увеличению речного стока до 0,5–1,0 % на уровне 1980-х годов. В настоящее время темпы осушительных мелиораций резко снизились, а многие ранее осушенные земли пришли в запустение.

Оценка влияния рубок леса и его восстановления на речной сток показала, что в условно-естественный период сток был повышенным из-за наличия в бассейне больших массивов перестойных лесов с относительно невысоким испарением. Последовавшие затем рубки леса и замена перестойных лесов более молодыми и продуктивными привели в целом к увеличению испарения и снижению стока. Этот процесс продолжается, приводя к уменьшению стока р. Волги в среднем на 2 %.

Урбанизация земель, напротив, способствует увеличению стока по сравнению с условно-естественным периодом на 1,5–2,0 %. В настоящее время площадь урбанизированных территорий в бассейне р. Волги превысила 2 %.

Суммарное воздействие антропогенных факторов на годовой сток р. Волги. Таким образом, хозяйственная деятельность на водосборах разнонаправлено воздействует на годовой сток и в значительной мере приводит к взаимной компенсации, хотя в целом можно говорить о преобладании снижения стока за период 1931–2005 гг. по сравнению с 1880–1930 гг. в размере 1,5–2,0 %. (рис. 5). Наибольший вклад в это снижение вносят неорошаемое земледелие (мероприятия по задержанию стока на сельскохозяйственных



полям) и лесное хозяйство (в результате омоложения лесов и роста их биологической продуктивности).

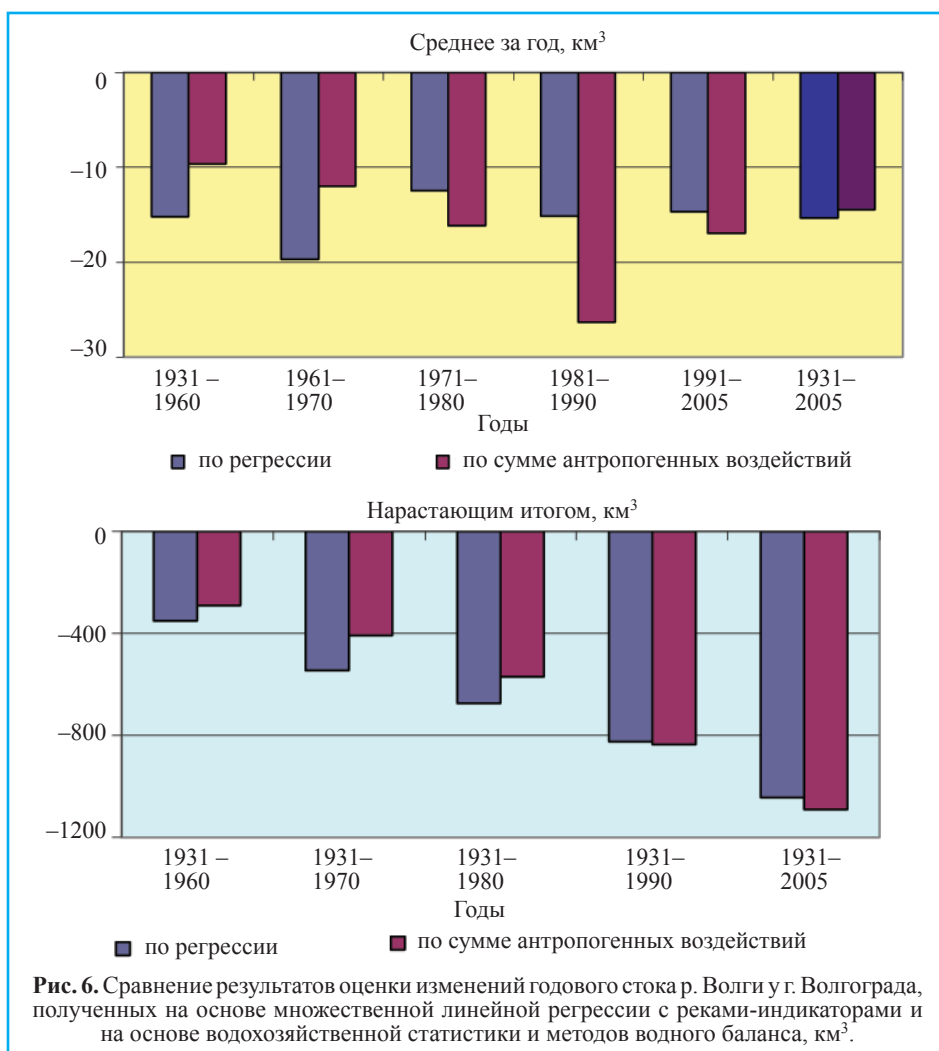
Основной вклад в итоговое антропогенное снижение стока (см. рис. 5) внесли безвозвратное изъятие вод на различные нужды, главным образом, орошаемого земледелия, влияние водохранилищ (потери на заполнение мертвого объема, особенно в 1950-е гг.) и дополнительное испарение с акватории.

Наибольшее общее антропогенное воздействие на сток р. Волги пришлось на период 1981–1990 гг., когда оно выразилось в уменьшении годового стока в среднем в размере более 10 %. До этого, начиная с 1930-х гг., был период нарастания изъятий стока, сменившийся с 1990-х годов снижением размеров этого изъятия. В целом с 1930 по 2005 гг. комплексом антропоген-

ных воздействий сток р. Волги был уменьшен по сравнению с периодом до 1930 г. примерно на 1090 км^3 .

Сравнение результатов полученных оценок антропогенных изменений годового стока

На основе применения двух различающихся методических подходов получены в целом близкие значения суммарного антропогенного уменьшения годового стока р. Волги на 998 и 1090 км^3 (по рекам-индикаторам и на основе водохозяйственной статистики и методов водного баланса) по сравнению с условно-естественным периодом, когда годовой сток реки был равен 268 км^3 , т. е. примерно на 5% в среднем за год. В отдельные периоды и сезоны изменения были значительно больше. Прежде всего, это относится к стоку весеннего половодья (рис. 6).



Заключение

На основе сравнения многолетней динамики восстановленного и антропогенно-измененного стока р. Волги получены оценки его суммарного антропогенного изменения за период интенсивного антропогенного воздействия (1930–2007 гг.) по сравнению с условно-естественным стоком (1882–1929 гг.), которые оказались близки с результатами расчетов, исходящими из непосредственного определения гидрологической роли каждого вида хозяйственной деятельности. Влияние антропогенного фактора в наибольшей степени сказывается на стоке половодья (объем суммарного снижения стока составил более 2,5 тыс. км³), годовом (суммарное снижение – около 1 тыс. км³) и зимнем стоке, который вырос более чем на 1,5 тыс. км³, а интегральный эффект антропогенного воздействия на сток летне-осеннего периода (приведший к его росту) оказался относительно невелик (около 200 км³). За рассматриваемый период антропогенное влияние составило около 5 % в среднем за год по сравнению с условно-естественными условиями. В некоторые периоды и сезоны изменения были более значительны. Прежде всего это относится к стоку весеннего половодья.

Как изменения климата, так и антропогенные воздействия привели к снижению среднесуточного годового стока и стока половодья примерно в одинаковом объеме. В то же время климатические изменения в среднем за 1930–2007 гг. практически не сказались на зимнем стоке, тогда как антропогенный фактор привел к его существенному росту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / под ред. Н.И. Коронкевича, И.С. Зайцева. М.: Наука, 2003. 367 с.
2. Водные ресурсы России и их использование / под ред. И.А. Шикломанова. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с.
3. Воронцов Г.В., Исмаилов Г.Х., Федоров В.М. Проблемы управления водными ресурсами Арало-Каспийского региона. М.: Наука, 2003. 426 с.
4. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милукова И.П., Кислов А.В., Анисимов О.А., Барабанова Е.А., Кашутина Е.А., Бородин О.О. Сценарная оценка вероятных изменений речного стока в бассейнах крупнейших рек России. Часть 1. Бассейн реки Лены. М.: Макс Пресс, 2011. 179 с.
5. Георгиевский В.Г. Изменения стока рек России и водного баланса Каспийского моря под влиянием хозяйственной деятельности и глобального потепления: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. СПб., 2005. 39 с.
6. Гидрологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна / под ред. И.А. Шикломанова, А.С. Васильева. СПб.: Гидрометеоздат, 2003. 400 с.
7. Демин А. П. Использование водных ресурсов России: современное состояние и перспективные оценки: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 2011. 48 с.
8. Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Кричевец Г.Н., Сафронова Т.И., Киреева М.Б., Игонина М.И. Формирование современных ресурсов поверхностных и подземных вод Европейской части России // Водные ресурсы. 2012. Т. 39. № 6. С. 571–589.

9. Зайцева И.С. Маловодные годы в бассейне Волги: природные и антропогенные факторы. М.: ИГ АН СССР, 1990. 184 с.
10. Коронкевич Н.И. Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения. М.: Наука, 1990. 205 с.
11. Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С., Малик Л.К. Особенности динамики антропогенных воздействий на водные ресурсы России в конце XX века. Современные глобальные изменения природной среды. Т. 4. Факторы глобальных изменений. М.: Научный мир, 2012. С. 443–452.
12. Кружлова Г.В., Христофоров А.В., Эдельштейн К.К. Влияние антропогенных факторов на многолетние колебания стока Волги // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1994. №1. С. 48–55.
13. Львович М.И. Вода и жизнь. М.: Мысль, 1986. 256 с.
14. Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 304 с.
15. Экстремальные гидрологические ситуации / отв. ред. Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева. М.: Медиа-ПРЕСС, 2010. 460 с.
16. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Кашутина Е.А., Барабанова Е.А., Зайцева И.С., Долгов С.В. О соотношении природно-климатических и антропогенных факторов в многолетних изменениях речного стока // Вода и водные ресурсы: системообразующие функции в природе и экономике. Тр. Всерос. научн. конф.: сб. материалов. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. С. 41–47.
17. Георгиади А.Г., Кашутина Е.А. Региональные особенности временных изменений притока речных вод в Северный ледовитый океан // Вклад России в международный полярный год 2007/08. Полярная криосфера и воды суши. М.–СПб.: Изд-во Paulsen, 2011. С. 252–264.
18. Georgiadi A.G., Milyukova I.P. & Kashutina E.A. Recent and Projected River Runoff Changes in Permafrost Regions of Eastern Siberia (Lena River Basin) / Ninth International Conference on Permafrost. Institute of Northern Engineering, University of Alaska Fairbanks. 2008. P. 511–515.
19. Георгиади А.Г. Географический подход к предвычислению максимального весеннего стока. М.: ИГ АН СССР, 1983. 166 с.
20. Шикломанов И.А. Гидрологические аспекты проблемы Каспийского моря. Л.: Гидрометеоздат, 1976. 79 с.
21. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Ежегодное издание. СПб.: Гидрометеоздат, 1982–2008.
22. Новиков С.М., Гончарова Ж.С. Прогноз изменений водных ресурсов крупных рек СССР под влиянием осушительных мелиораций // Труды ГГИ. 1978. Вып. 255. С. 54–68.
23. Крестовский О.И. Влияние вырубок и восстановления лесов на водность рек. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 189 с.

Сведения об авторах:

Георгиади Александр Георгиевич, к. г. н., ведущий научный сотрудник, лаборатория гидрологии, Институт географии Российской академии наук, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29; e-mail: galex50@gmail.com

Коронкевич Николай Иванович, д. г. н., профессор, заведующий лабораторией гидрологии, Институт географии Российской академии наук, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29; e-mail: hydro-igras@yandex.ru

Зайцева Ирина Сергеевна, к. г. н., ведущий научный сотрудник, лаборатория гидрологии, Институт географии Российской академии наук, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29

Кашутина Екатерина Александровна, к. г. н., старший научный сотрудник, лаборатория гидрологии, Институт географии Российской академии наук, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29

Барабанова Елена Алексеевна, к. г. н., старший научный сотрудник, лаборатория гидрологии, Институт географии Российской академии наук, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29