

ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТОКА МАКРОКОМПОНЕНТОВ И АНТРОПОГЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИОННОГО СТОКА РЕКИ ЛАБЫ

*О.С. Решетняк^{1,2}, **Р.С. Комаров^{1,2}

¹Гидрохимический институт Росгидромета, Россия, Ростов-на-Дону

²Южный федеральный университет, Россия, Ростов-на-Дону

e-mail: *olgare1@mail.ru, **komarovroman128@yandex.ru

Изучена изменчивость химического состава воды и ионного стока одного из крупных притоков Кубани – реки Лабы. Выполнена оценка изменчивости стока макрокомпонентов (гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов, ионов щелочно-земельных металлов). Расчет ионного стока и его основных компонентов проведен на основе многолетних гидрологических и гидрохимических данных системы наблюдений Росгидромета с 2001 по 2020 год. Оценка динамики антропогенной составляющей (АС) ионного стока выполнена по пятилетним периодам.

Вода реки Лабы относится к гидрокарбонатному классу с преобладанием катионов кальция. В последние годы отмечается также увеличение содержания катионов магния. Значения ионного стока в бассейне реки Лабы изменялись в широких пределах от 474,3 до 1925,8 тыс. т без четкой тенденции во времени. Выявлены тенденции к снижению объемов стока сульфатов и суммы ионов натрия и калия. Наибольший вклад из анионов в ионный сток вносят гидрокарбонаты и сульфаты (суммарно более 60 %), из катионов – ионы Ca^{2+} (около 16 %). АС стока макрокомпонентов имеет положительные значения за исключением стока ионов кальция. В динамике АС компонентов ионного стока наблюдается снижение данного показателя для стока суммы ионов натрия и калия, а также возрастание – для стока ионов магния.

Ключевые слова: река Лаба, химический состав, главные ионы, ионный сток, антропогенная составляющая ионного стока.

Введение

Бассейн Кубани имеет важное социально-экономическое и экологическое значение не только для субъектов РФ, расположенных в пределах бассейна, но и в целом для Юга России с точки зрения обеспечения водными ресурсами нужд населения, промышленного и сельскохозяйственного секторов экономики региона. Формирование водного и химического стока реки Кубани и ее притоков происходит в условиях высокой антропогенной нагрузки (особенно в среднем и нижнем течении) и низкой водообеспеченности территории, что, в свою очередь, приводит к нарушению гидрохимического режима рек в бассейне. Основными потребителями водных ресурсов реки Кубани и ее крупных притоков являются промышленность и гидроэнергетика, предприятия ЖКХ и водоснабжения, орошаемое земледелие, рыбное хозяйство и др. [1]. Основные источники загрязнения реки Лаба и ее притоков – это предприятия ЖКХ (наиболее крупный – МУП «Водоканал» г. Лабинск), а также маломерный флот, сельхозтехника, неорганизованные сбросы с территорий неканализованных населенных пунктов и смыв с сельхозугодий [2].

В пределах Краснодарского края и Республики Адыгея бассейн реки Лабы наиболее значительный по своей площади и водоносности после бассейна реки Кубани [3]. Площадь водосборного бассейна составляет 12 500 км², длина реки Лабы – 214 км. Водосборный бассейн по своему очертанию ассиметричен, левобережная часть бассейна больше как по площади, так и по количеству притоков. Характер долины реки Лабы, ее течение, водный режим и химический состав воды меняются от истоков к устью, так как река пересекает различные физико-географические ландшафты [3, 4]. Равнинная степная и предгорная части

занимают более половины бассейна реки Лаба (рис. 1), что вносит значительное влияние в формирование водного и химического стока. Согласно данным работы [3] к данной части бассейна относятся «реки равнинных возвышенностей» со средней высотой водосборов до 500 м.

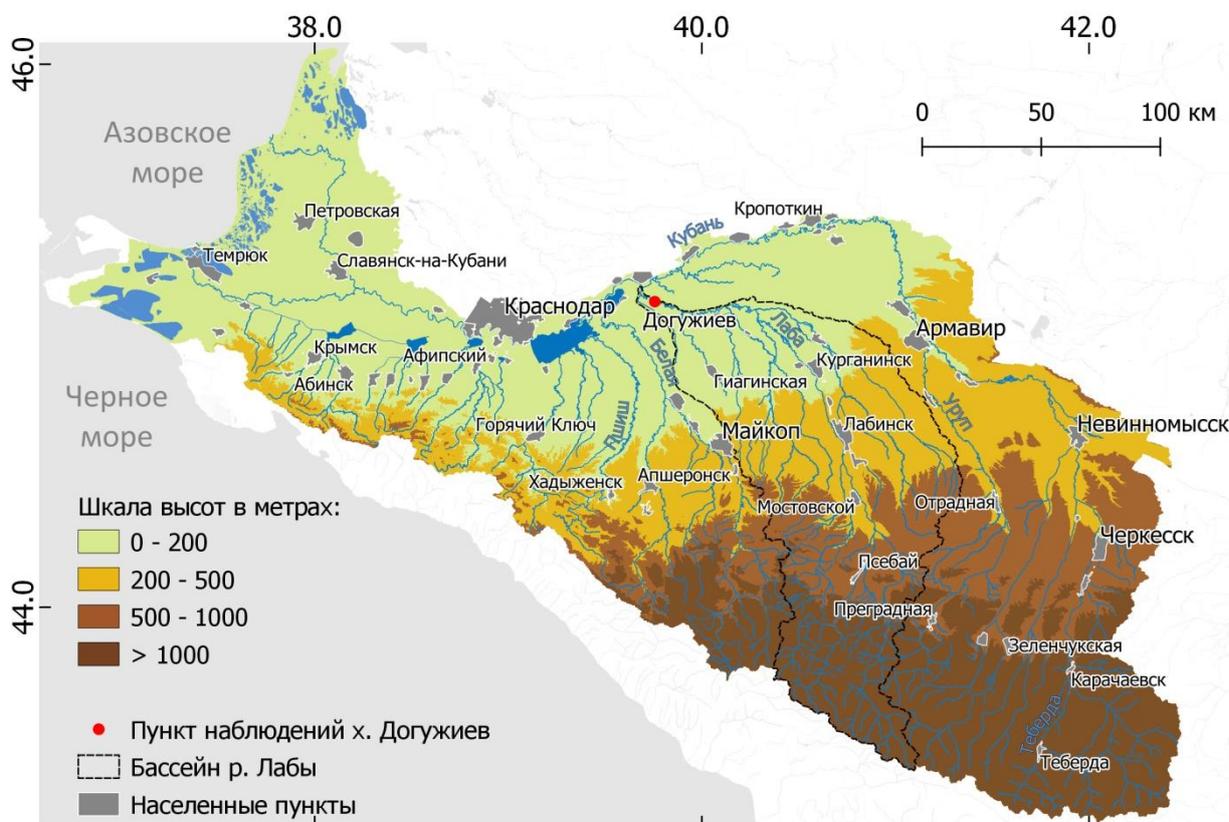


Рисунок 1 – Бассейн реки Лабы (составлено авторами с помощью геоинформационной системы QGIS и картографических данных OpenStreetMap)

Особенности водного режима реки Лабы заключаются в значительных колебаниях расхода воды по сезонам года. Паводки характерны во все сезоны кроме зимнего. Основные причины паводков в бассейне реки Лабы – это весеннее снеготаяние, летнее таяние ледников и осенние ливни. Наиболее высокие уровни и расходы воды (до $685 \text{ м}^3/\text{с}$) наблюдаются в весенне-летний период, а минимальные (до $6 \text{ м}^3/\text{с}$) – отмечены в осенне-зимний период. Река Лаба выносит в реку Кубань за год свыше 3 млрд. м^3 воды и около 1,3 млн тонн наносов [5].

Бассейн реки Лабы характеризуется крайней неоднородностью физико-географических условий. В работе [3] изучена зависимость средних величин атмосферных осадков по водосбору реки Лабы и годового стока рек от высоты местности. Наряду со средней высотой водосбора на формирование стока оказывает влияние и ряд других факторов – особенности геологического строения и орографии, почвенно-растительного покрова, климата и др.

Колебания речного стока будут влиять и на формирование химического стока с водосбора, который, как и в большинстве речных бассейнов Юга России, подвержен влиянию различных стоков от промышленных объектов, жилищно-коммунального и сельского хозяйства. Река Лаба и ее притоки принимают в год свыше 60 млн м^3 сточных вод, что составляет около 3 % годового стока [3].

Гидролого-гидрохимический режим и ионный сток реки Лабы недостаточно хорошо изучены, что и обуславливает актуальность настоящего исследования, цель которого – изучить многолетнюю изменчивости стока макрокомпонентов в бассейне реки Лабы и оценить его антропогенную составляющую.

Материалы и методы

Исследование проведено на основе многолетних гидрологических и гидрохимических данных государственной наблюдательной сети Росгидромета. Исходные массивы данных включают информацию о расходах воды, значения концентраций главных ионов (макрокомпонентов) в воде – гидрокарбонатов (HCO_3^-), хлоридов (Cl^-), сульфатов (SO_4^{2-}), ионов кальция (Ca^{2+}), ионов магния (Mg^{2+}), суммы ионов натрия и калия ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) за период с 2001 по 2020 год на устьевом участке реки Лабы в районе х. Догужиев (17 км от устья, площадь водосборного участка составляет 12 000 км² [6]). Данный пункт наблюдений является замыкающим для реки.

Периодичность отбора проб воды на химический анализ в государственной системе наблюдений определяется категорией пункта в соответствии с нормативным документом [7], и на замыкающем участке реки Лабы в пункте наблюдений х. Догужиев частота отбор проб составила в среднем 4-5 раз в год. Всего за период с 2001 по 2020 год было выполнено в среднем 87 определений концентраций каждого макрокомпонента.

Для расчета стока химических веществ с водосбора реки Лабы использованы многолетние гидрологические данные, собранные из архивных фондов Росгидромета и Автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов [8]. Сначала был проведен пересчет данных по расходам воды в пункте наблюдений на водный сток (W , км³). Для расчета объема стока воды W использовали коэффициент пересчета 0,0315. На основе данных о концентрациях главных ионов и значениях годового стока воды выполнен расчет ионного стока реки Лабы за определенный временной период. Расчет проводили прямым способом по формуле [9]:

$$G = \sum_{i=1}^m W_i \bar{C}_i, \quad (1)$$

где G – количество перенесенного вещества за расчетный период, тыс. т; m – число интервалов расчетного периода, W_i – объем стока воды за i -й интервал расчетного периода, км³; \bar{C}_i – средняя концентрация вещества за i -й интервал расчетного периода, мг/дм³.

Для оценки антропогенной составляющей ионного стока использовали метод «реперов», предложенный в работах М.П. Максимовой [10, 11]. В качестве «репера» рекомендуется рассматривать содержание и сток гидрокарбонатов (HCO_3^-). Поскольку в речных водах концентрация гидрокарбонатов определяется в первую очередь карбонатно-кальциевым равновесием, то, несмотря на дополнительный привнос из антропогенных источников, их содержание в речных водах остается относительно стабильным. Метод «репера» основан на геохимических свойствах ионов и не имеет ограничений по тесноте связей между гидрохимическими и гидрологическими показателями.

За условно фоновый период для оценки антропогенной составляющей ионного стока в бассейне реки Лабы принят период 1950-1954 гг. Часть данных о фоновых характеристиках ионного стока взяты из публикации О.А. Алекина [12] и дополнительно рассчитаны для отдельных его компонентов по первичным данным, собранным авторами из госфонда данных Гидрохимического института (ФГБУ «ГХИ»).

Расчет антропогенной составляющей (АС) стока макрокомпонентов и ионного стока реки Лабы выполнен по формуле [11]:

$$G' = G_{\Sigma} - \frac{G_{\text{HCO}_3^-}}{K_{\phi}}, \quad (2)$$

где G' – АС стока рассматриваемого макрокомпонента за расчетный период (тыс. т); G_{Σ} – суммарный сток макрокомпонента за расчетный период (включающий природную и антропогенную составляющие), тыс. т; $G_{\text{HCO}_3^-}$ – сток гидрокарбонатов за расчетный период, тыс. т; K_{ϕ} – «фоновый» эмпирический коэффициент, равный отношению стока гидрокарбонатов в «фоновый» период к стоку рассматриваемого макрокомпонента, рассчитанного также для «фонового» периода, относительно которого оценивается нарастание антропогенной составляющей ионного стока.

Значения АС можно представлять в абсолютных значениях (в тыс. т или т), а также в относительных (в %). Формула расчета антропогенной составляющей ионного стока может применяться не только для расчета значений АС относительно фонового периода, но и относительно произвольно выделенного более раннего периода. Для обработки многолетних данных о химическом составе и стоке воды, для расчета общего стока главных ионов и антропогенной составляющей были использованы MS Excel 2010 и пакет прикладных программ Statistica 13.0.

Результаты и обсуждение

Ретроспективный анализ данных показал, что ионный состав речных вод в бассейне Лабы сходен с остальными притоками верхнего и среднего течения реки Кубани (за исключением реки Уруп) [12]. В нижнем течении Лабы минерализация воды соответствовала градации вод с малой и средней минерализацией по классификации О.А. Алекина [13]. В осенний период минерализация воды составляла 200-300 мг/дм³, повышалась зимой до значений 400 мг/дм³ и снижалась в период половодья до 150-180 мг/дм³ [11]. Аналогичные значения минерализации воды фиксировались и на замыкающем водосбор створе – в пункте наблюдений у х. Догужиев: от 150 до 250 мг/дм³ в весеннее половодье и от 120 до 300-400 мг/дм³ в осенне-зимнюю межень [4].

В период исследования с 2001 по 2020 год значения минерализации воды реки Лабы в пункте наблюдений у х. Догужиев изменялись от 120,9 до 559,3 мг/дм³ без значимых тенденций. Как и следовало ожидать, наибольших значений концентрации макрокомпонентов достигали в зимний период (в сумме от 285,5 до 559,3 мг/дм³), уменьшались в период весеннего половодья (от 204,8 до 430,8 мг/дм³) и летом (от 120,9 до 340,1 мг/дм³). Наибольший размах колебаний отмечался в осенний период для минерализации воды (от 183,1 до 527,3 мг/дм³) и концентрации главных ионов. Среднегодовое значение минерализации воды (по сумме главных ионов) составило 301,5 мг/дм³.

В таблице 1 приведены данные о концентрациях главных ионов в воде р. Лабы. Анализ многолетних данных показал, что вариации значений концентраций отдельных макрокомпонентов довольно высоки (степень однородности данных различается). Значения коэффициентов вариации (C_v) изменялись от 29 % для выборки концентраций ионов кальция (достаточно однородные данные) до 70 % для суммы ионов натрия и калия (абсолютно неоднородные данные, согласно критериям, приведенным в [14]). Более однородные выборки концентраций характерны для ионов кальция и гидрокарбонатов (C_v 29 % и 32 % соответственно). Это вполне ожидаемо, так как данные компоненты ионного состава взаимосвязаны процессами карбонатно-кальциевого равновесия в природных водах и их поступление в речные воды с водосбора происходит преимущественно за счет естественных процессов выветривания горных пород и вымывания растворимых карбонатных минералов.

Вода реки Лабы относится к гидрокарбонатному классу с преобладанием катионов кальция в соответствии с классификацией химического состава природных вод О.А. Алекина [13]. За многолетний период в структуре ионного состава воды отмечалось уменьшение доли катионов натрия и калия на фоне небольшого увеличения содержания катионов магния.

Наиболее выраженные изменения среднегодовых концентраций отмечались для SO_4^{2-} и суммы ($Na^+ + K^+$) (рис. 2). В целом формируется убывающая тенденция (особенно четкая для ионов натрия и калия), соответствующая основной направленности снижения водного стока реки за исследуемый период. Анализ сезонной изменчивости содержания катионов $Na^+ + K^+$ показал, что в той или иной степени снижение концентраций прослеживается во все сезоны года. Аналогично и для сульфатов (SO_4^{2-}), за исключением летнего периода, в который формируется тренд на увеличение концентраций.

Таблица 1 – Статистические характеристики концентраций главных ионов в воде реки Лабы в пункте наблюдений х. Догужиев (2001-2020 гг.)

Показатель	Значение концентрации				Стандартное отклонение	Коэффициент вариации (C_V)
	среднее	медианное	минимальное	максимальное		
	мг/дм ³					
HCO ₃ ⁻	148,2	139,7	60,0	258,1	47,0	32
Cl ⁻	7,9	7,4	1,4	13,9	2,9	37
SO ₄ ²⁻	65,7	54,8	5,7	176,8	34,4	52
Ca ²⁺	48,0	47,1	21,2	80,0	14,0	29
Mg ²⁺	11,5	10,6	2,8	32,2	5,5	48
Na ⁺ + K ⁺	20,2	17,1	0	59,3	14,0	70

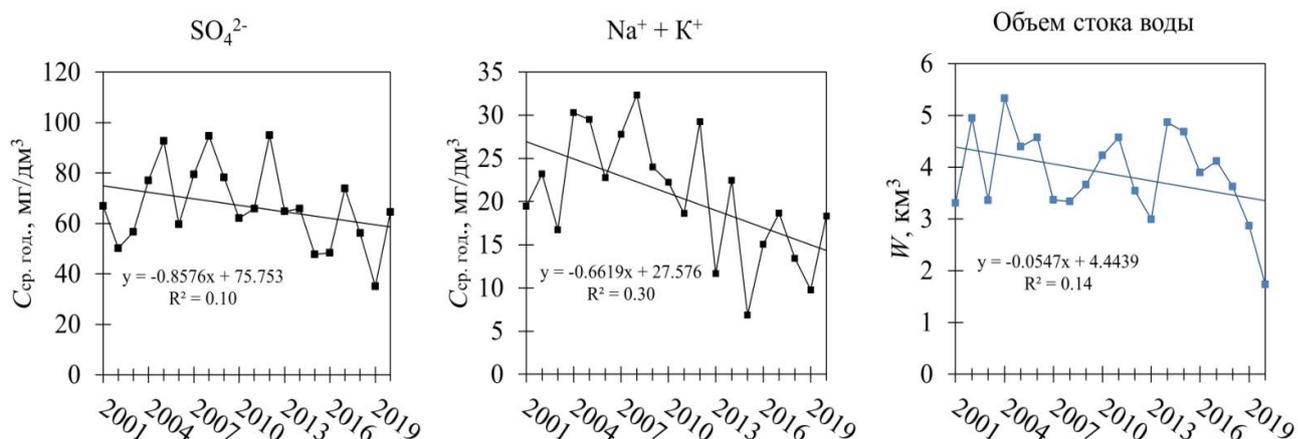


Рисунок 2 – Динамика среднегодовых концентраций сульфатов, суммы ионов натрия и калия и водного стока реки Лабы в пункте наблюдений х. Догужиев

На основе данных о среднегодовых концентрациях главных ионов в воде р. Лабы и значениях годового стока воды выполнен расчет ионного стока и стока макрокомпонентов (табл. 2). Анализ многолетних данных показал, что колебания значений химического стока отдельных макрокомпонентов не столь высоки, значения коэффициентов вариации (C_V) изменялись от 25 % для выборки значений стока ионов кальция до 45 % для стока ионов натрия и калия, то есть данные достаточно однородны.

Таблица 2 – Статистические характеристики химического стока главных ионов с водами реки Лабы в пункте наблюдений х. Догужиев (2001-2020 гг.)

Показатель	Значение концентрации				Стандартное отклонение	Коэффициент вариации (C_V)
	среднее	медианное	минимальное	максимальное		
	тыс. тонн					
HCO ₃ ⁻	581,1	571,7	221,8	954,9	166,9	29
Cl ⁻	30,8	30,8	12,2	48,3	8,8	29
SO ₄ ²⁻	258,4	264,9	100,4	410,1	82,5	32
Ca ²⁺	186,7	187,4	80,6	283,2	47,7	25
Mg ²⁺	45,0	43,9	16,2	83,1	15,0	33
Na ⁺ + K ⁺	81,2	86,5	28,0	161,4	36,4	45

Значения ионного стока в бассейне реки Лабы изменялись в широких пределах от 474,3 до 1925,8 тыс. т без четкой тенденции во времени. В изменчивости стока отдельных макрокомпонентов, таких как HCO_3^- , Cl^- , ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} тренды также не были выявлены.

На фоне относительной стабильности ионного стока в целом отмечалась тенденция к снижению стока сульфатов и суммы ионов Na^+ и K^+ (рис. 3).

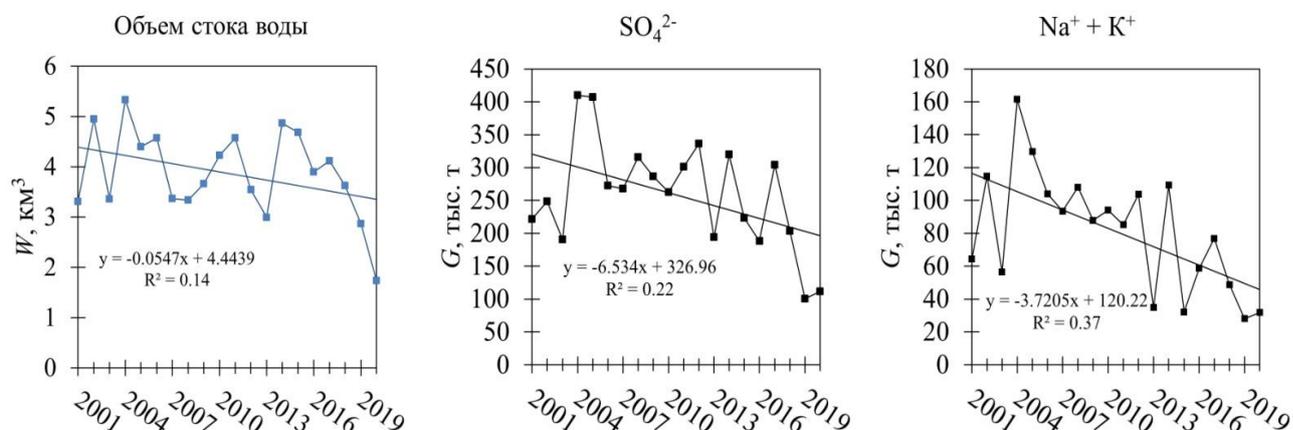


Рисунок 3 – Динамика водного стока и стока (G , тыс. т) сульфатов и суммы ионов натрия и калия с водосбора реки Лабы (х. Догужиев)

Однонаправленность изменений водного и химического стока по отдельным ионам (сульфатам и ионам щелочно-земельных металлов) указывает на преимущественно природный (естественный) характер формирования ионного стока и отсутствие значимого антропогенного воздействия.

В структуре ионного стока наибольший вклад из анионов вносят гидрокарбонаты (49 %) и сульфаты (22 %), среди катионов преобладают ионы Ca^{2+} (16 %). Подобная структура ионного стока сохранялась практически на протяжении всего исследуемого периода. Начиная с 2013 года несколько изменилось распределение стока катионов – значения стока ионов Mg^{2+} стали превышать сток суммы ионов Na^+ и K^+ .

По сравнению с периодом, используемым в работе в качестве фонового (1950-1954 гг.), значения стока большинства главных ионов за исследуемый период (2001-2020 гг.) стали выше в среднем в полтора раза. Исключение составил сток ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, значение которого превысило фоновое в два с половиной раза.

Как известно, одним из определяющих факторов в изменчивости ионного стока является водный сток: чем он больше, тем большее количество растворенных веществ может быть вынесено рекой с водосборной территории [9]. Это справедливо для естественных условий функционирования речной системы. В условиях антропогенного влияния данная закономерность нарушается, и для выявления степени воздействия хозяйственной деятельности на водосборе проводится расчет антропогенной составляющей ионного стока.

Результаты расчета АС стока макрокомпонентов (в %) с водосбора реки Лабы представлены на рисунке 4. Оценка выполнена по пятилетним периодам согласно методике, представленной в работе [11]. Это позволяет не только оценить АС ионного стока в абсолютных или относительных значениях, но и проследить ее динамику за многолетний период.

Как видно из данных, представленных на рисунке 4, АС стока макрокомпонентов имеет как положительные, так и отрицательные значения. По сравнению с «фоновым» периодом (1950-1954 гг.) значения стока большинства главных ионов оказались выше значений базового периода за исключением стока ионов кальция. Наиболее интенсивные изменения стока характерны для суммы ионов Na^+ и K^+ (до 53,2 %), хлоридов (до 28,6 %) и сульфатов (до 22,6 %).

В динамике АС компонентов ионного стока четко прослеживаются две тенденции: снижение АС в стоке суммы ионов ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) и рост АС в стоке ионов магния. Снижение АС стока отдельных ионов может быть обусловлено изменениями в гидрологическом режиме реки и снижении поступления дренажных вод, а возрастание АС химического стока чаще всего происходит за счет антропогенного воздействия. Река Лаба расположена в освоенном в хозяйственном отношении районе бассейна Кубани, и это позволяет нам сделать вывод об антропогенной обусловленности роста концентраций и соответственно увеличении химического стока отдельных макрокомпонентов.

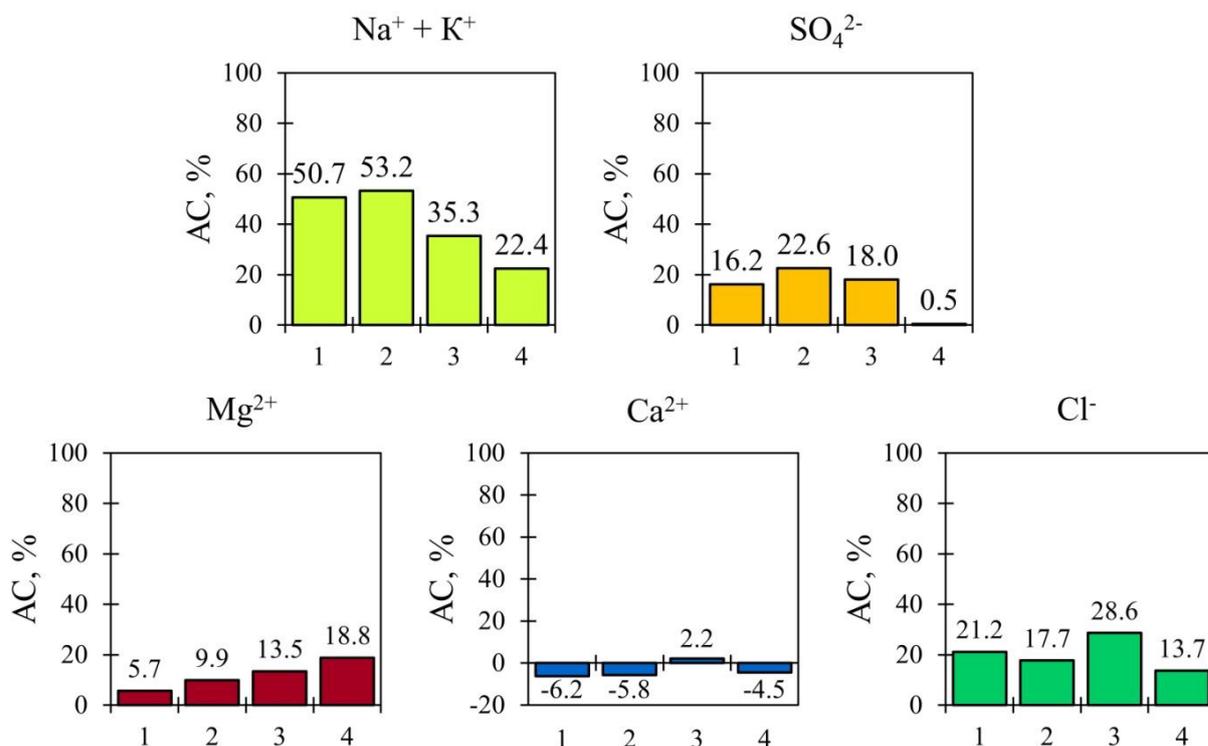


Рисунок 4 – Динамика изменения АС стока главных ионов в бассейне реки Лабы
 Примечание: периоды 1 – 2001-2005 гг., 2 – 2006-2010 гг., 3 – 2011-2015 гг., 4 – 2016-2020 гг.)

Повышенный сток хлоридов (от 13,7 до 28,6 %) может быть вызван не только антропогенным воздействием (повышенным содержанием их в промышленно-бытовых сточных водах, в дренажных стоках с орошаемых территорий и т.п.), но и природными факторами, прежде всего, их высокой миграционной способностью и хорошей растворимостью минералов – хлоридов щелочных и щелочно-земельных металлов.

В среднем АС компонентов ионного стока с водосбора реки Лабы составляла 35,5 тыс. тонн (40 %) для суммы ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, 6,5 тыс. тонн (20 %) для хлоридов, 40,4 тыс. тонн (14 %) для сульфатов (SO_4^{2-}) и 5,3 тыс. тонн (12 %) для ионов Mg^{2+} . Сток ионов Ca^{2+} за исследуемый период оказался ниже «фонового» стока, и АС характеризуется отрицательными значениями во все пятилетия, кроме 2011-2015 гг., когда превышение составило 2,2 % (см. рис. 4).

Отрицательные значения АС стока ионов кальция в среднем имеют низкие значения (-5,5 %), и можно сказать, что эти изменения находятся на уровне погрешностей методов оценки концентраций, расчетов АС и т.п. Как было показано в работе [15], отрицательные значения АС химического стока характерны для территорий водосборных бассейнов рек, где техногенная компонента стока данного вещества не сформирована.

Выводы

Результаты проведенных исследований позволили оценить изменчивость ионного стока и стока отдельных ионов, выявить динамику антропогенной составляющей ионного стока реки Лабы за многолетний период.

Ионный состав речных вод в бассейне Лабы сходен с остальными притоками верхнего и среднего течения реки Кубани (за исключением реки Уруп). Значения минерализации воды в пункте наблюдений у х. Догужиев изменялись от 120,9 до 559,3 мг/дм³ без значимых тенденций. Наибольшие значения минерализации воды и концентрации макрокомпонентов были в зимний период, уменьшались в период весеннего половодья и летом. Вода реки Лабы относится к гидрокарбонатному классу с преобладанием катионов кальция.

Ионный сток макрокомпонентов (главных ионов) с водосбора реки Лабы оценен по замыкающему створу в районе х. Догужиев за период 2001-2020 гг. Значения стока макрокомпонентов достаточно однородны (коэффициенты вариации (C_v) составили от 25 % до 45 %). Значения ионного стока в бассейне реки Лабы изменялись в широких пределах от 474,3 до 1925,8 тыс. т без четкой тенденции во времени. На фоне относительной стабильности ионного стока в целом выявлены тенденции к снижению стока сульфатов и суммы ионов Na^+ и K^+ . Из анионов наибольший вклад в ионный сток вносят гидрокарбонаты (49 %) и сульфаты (22 %), среди катионов в структуре стока преобладают ионы Ca^{2+} (16 %). По сравнению с фоновым периодом ионный сток реки Лабы в 2001-2020 гг. был выше в 1,5-2,5 раза.

Антропогенная составляющая стока макрокомпонентов (в %) с водосбора реки Лабы имеет как положительные, так и отрицательные значения (для стока ионов кальция). В динамике наиболее интенсивные изменения стока характерны для суммы ионов Na^+ и K^+ (до 53,2 %), хлоридов (до 28,6 %) и сульфатов (до 22,6 %). В изменчивости антропогенной составляющей компонентов ионного стока прослеживаются тенденции снижения АС стока суммы ионов ($Na^+ + K^+$) и рост АС стока ионов магния.

Общая направленность на снижение водного и ионного стока, а также снижение АС стока отдельных ионов указывает на преимущественно природный (естественный) характер формирования ионного стока и отсутствие значимого антропогенного воздействия.

Список литературы

1. Решетняк О.С., Комаров Р.С. Тенденции изменчивости химического состава и степени загрязненности воды реки Кубань // Вода и экология: проблемы и решения. 2021. № 1 (85). С. 30-40. DOI 10.23968/2305-3488.2021.26.1.30-40.
2. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Кубань. Книга 2. Оценка экологического состояния и ключевые проблемы речного бассейна. Краснодар: Кубанское бассейновое водное управление, 2014. 133 с.
3. Мельникова Т.Н. Мониторинг водного режима и комплексное географо-гидрологическое районирование бассейна реки Лабы // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2017. № 4 (211). С. 84-91.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 8: Северный Кавказ. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 447 с.
5. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики. Т. 8. Северный Кавказ. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 355 с.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 8. Северный Кавказ. Л.: Гидрометеиздат, 1964. 309 с.
7. РД 52.24.309–2016 Организация и проведение режимных наблюдений в пунктах государственной наблюдательной сети за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. Ростов н/Д: Росгидромет, 2016. 100 с.

8. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО). URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения: 09.12.2022).
9. Брызгалов В.А., Никаноров А.М., Косменко Л.С., Решетняк О.С. Устьевые экосистемы крупных рек России: антропогенная нагрузка и экологическое состояние. Ростов н/Д: Южный федеральный университет, 2015. 164 с.
10. Максимова М.П. Критерии оценки антропогенных изменений и расчет антропогенной составляющей ионного стока рек // Водные ресурсы. 1985. № 3. С. 71-75.
11. Максимова М.П. Воздействие техногенеза на гидросферу. Методика оценки антропогенного химического речного стока в моря // Географическая среда и живые системы. 2012. № 2. С. 89-96.
12. Алекин О.А. Гидрохимия рек СССР. Реки Кавказа и Азиатской территории СССР // Труды ГГИ. 1949. № 15 (69). 144 с.
13. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1953. 296 с.
14. Р 52.24. 819-2014. Оценка антропогенной нагрузки на речные экосистемы с учетом их региональных особенностей. Ростов н/Д: Росгидромет, 2014. 38 с.
15. Никаноров А.М., Смирнов М.П., Клименко О.А. Многолетние тенденции общего и антропогенного выноса органических и биогенных веществ реками России в арктические и тихоокеанские моря // Водные ресурсы. 2010. Т. 37. № 3. С. 318-328.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 17.07.2023
Принята к публикации 12.12.2023

TEMPORAL VARIABILITY OF THE FLOW OF MACRO-COMPONENTS AND THE ANTHROPOGENIC COMPONENT OF THE ION FLOW OF THE LABA RIVER

***O. Reshetnyak^{1,2}, **R. Komarov^{1,2}**

¹Hydrochemical Institute of Roshydromet, Russia, Rostov-on-Don

²Southern Federal University, Russia, Rostov-on-Don

e-mail: *olgare1@mail.ru, **komarovroman128@yandex.ru

The variability of the chemical composition of water and the ion flow of the Laba River which is one of the major tributaries of the Kuban River, has been studied. The variability of the flow of macro-components (bicarbonates, chlorides, sulfates, calcium, magnesium ions, the sum of sodium and potassium ions) was evaluated. The calculation of the ion flow and its main components was carried out based on long-term hydrological and hydrochemical data of the Federal Hydrometeorology and Environmental Monitoring Service (Roshydromet) for the period from 2001 to 2020. The assessment of the anthropogenic component of the ion flow was carried out over five-year periods.

The water of the Laba River belongs to the bicarbonate class with a predominance of calcium cations. The content of magnesium cations increased last years. The values of the ion flow in the Laba River basin varied widely from 474.3 to 1925.8 thousand tons without a clear trend over time. Trends towards a decrease in the volume of the sulfate flow and the amount of sodium and potassium ions were revealed. Among anions, bicarbonates and sulfates (more than 60 % in total) made the largest contribution to the ion flow; among cations – Ca²⁺ ions (about 16 %). The anthropogenic component of the flow of macro-components has positive values with the exception of the flow of calcium ions. In the dynamics of the anthropogenic component of the ion flow components, there is a decrease in this indicator for the flow of the sum of sodium and potassium ions, and an increase for the flow of magnesium ions.

Key words: Laba River, chemical composition, main ions, ion flow, anthropogenic component of the ion flow.

References

1. Reshetnyak O.S, Komarov R.S. Tendentsii izmenchivosti khimicheskogo sostava i stepeni zagryaznennosti vody reki Kuban'. Voda i ekologiya: problemy i resheniya. 2021. N 1 (85). S. 30-40. DOI 10.23968/2305-3488.2021.26.1.30-40.
2. Skhema kompleksnogo ispol'zovaniya i ohrany vodnykh ob'ektov bassejna reki Kuban'. Kniga 2. Ocenka ekologicheskogo sostoyaniya i klyucheveye problemy rechnogo bassejna. Krasnodar: Kubanskoe bassejnovoe vodnoe upravlenie, 2014. 133 s.
3. Mel'nikova T.N. Monitoring vodnogo rezhima i kompleksnoe geografo-gidrologicheskoe raionirovanie bassejna reki Laby. Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Eestestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki. 2017. N 4 (211). S. 84-91.
4. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 8: Severnyi Kavkaz. L.: Gidrometeoizdat, 1973. 447 s.
5. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr. Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki. T. 8. Severnyi Kavkaz. L.: Gidrometeoizdat, 1980. 355 s.
6. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR: Gidrologicheskaya izuchennost'. T. 8. Severnyi Kavkaz. L.: Gidrometeoizdat, 1964. 309 s.
7. RD 52.24.309–2016 Organizatsiya i provedenie rezhimnykh nablyudenii v punktakh gosudarstvennoi nablyudatel'noi seti za sostoyaniem i zagryazneniem poverkhnostnykh vod sushi. Rostov n/D: Rosgidromet, 2016. 100 s.
8. Avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema gosudarstvennogo monitoringa vodnykh ob"ektov (AIS GMVO). URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (data obrashcheniya: 09.12.2022).
9. Bryzgalov V.A., Nikanorov A.M., Kosmenko L.S., Reshetnyak O.S. Ust'evye ekosistemy krupnykh rek Rossii: antropogennaya nagruzka i ekologicheskoe sostoyanie. Rostov n/D: Yuzhnyi federal'nyi universitet, 2015. 164 s.
10. Maksimova M.P. Kriterii otsenki antropogennykh izmenenii i raschet antropogennoi sostavlyayushchei ionnogo stoka rek. Vodnye resursy. 1985. N 3. S. 71-75.
11. Maksimova M.P. Vozdeistvie tekhnogeneza na gidrosferu. Metodika otsenki antropogennogo khimicheskogo rechnogo stoka v morya. Geograficheskaya sreda i zhivye sistemy. 2012. N 2. S. 89-96.
12. Alekin O.A. Gidrokhiymiya rek SSSR. Reki Kavkaza i Aziatskoi territorii SSSR. Trudy GGI. 1949. N 15(69). 144 s.
13. Alekin O.A. Osnovy gidrokhiimii. L.: Gidrometeoizdat, 1953. 296 s.
14. R 52.24. 819-2014. Otsenka antropogennoi nagruzki na rechnye ekosistemy s uchedom ikh regional'nykh osobennostei. Rostov n/D: Rosgidromet, 2014. 38 s.
15. Nikanorov A.M., Smirnov M.P., Klimenko O.A. Mnogoletnie tendentsii obshchego i antropogennogo vynosa organicheskikh i biogennykh veshchestv rekami Rossii v arkticheskie i tikhoookeanskie morya. Vodnye resursy. 2010. T. 37. N 3. S. 318-328.

Сведения об авторах:

Ольга Сергеевна Решетняк

К.г.н., доцент, старший научный сотрудник, Гидрохимический институт Росгидромета; доцент кафедры геоэкологии и прикладной геохимии, Институт наук о Земле Южного федерального университета

ORCID 0000-0001-7160-2461

Olga Reshetnyak

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Hydrochemical Institute of Roshydromet; Associate Professor of the Department of Geoecology and Applied Geochemistry, Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University

Роман Сергеевич Комаров
Младший научный сотрудник, Гидрохимический институт Росгидромета; аспирант,
Институт наук о Земле Южного федерального университета
ORCID 0000-0002-7151-0126
Roman Komarov
Junior Researcher, Hydrochemical Institute of Roshydromet; postgraduate student, Institute
of Earth Sciences of Southern Federal University

Для цитирования: Решетняк О.С., Комаров Р.С. Временная изменчивость стока макрокомпонентов и антропогенной составляющей ионного стока реки Лабы // Вопросы степеведения. 2023. № 4. С. 14-24. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-4-14-24