

В. Ю. Третьяков
Д. Е. Селезнёв

**ОСОБЕННОСТИ СТОКА
БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
СО СЛАБО
АНТРОПОГЕНЕЗИРОВАННЫХ
ВОДОСБОРОВ БАСЕЙНА
ФИНСКОГО ЗАЛИВА**



Приводятся результаты анализа характеристик водосборов 25 рек бассейна Финского залива, на которых выполняется мониторинг химического состава речного стока. Рассматривается динамика содержания в стоке биогенных элементов, принадлежность этих водосборов ландшафтными таксонам, их сельскохозяйственная освоенность, доля пахотных земель на водосборах, лесистость, плотность сельского населения, возрастные и породные характеристики древостоев на водосборах.

This article analyses the characteristics of 25 rivers of the Gulf of Finland basin where the monitoring of the streamflow chemical composition was performed. The authors consider the dynamics of biogenic element content in the streamflow, the relation of the drainage areas to certain landscape taxa, the share of agricultural lands and tillage in the drainage areas, the forest-land percentage, rural population density, and the forest age and type.

Ключевые слова: водосборный бассейн, ландшафтное строение, сельскохозяйственная освоенность, доля пахотных земель, лесистость, плотность сельского населения, возрастные и породные характеристики древостоев, динамика содержания биогенных элементов.

Key words: drainage area, landscape composition, share of agricultural lands, percentage of tillage, forest-land percentage, density of rural population, forest age and type, biogenic element concentration dynamics

Существенной особенностью бассейна Балтийского моря является обилие систем проточных водоемов, соединенных между собой водотоками. Экосистемы проточных водоемов трансформируют химический состав речного стока. Антропогенный сток биогенных элементов накладывается на поступление биогенных элементов с естественных ландшафтов, к которому приспособлены экосистемы водоемов и водотоков в ненарушенном состоянии. Поэтому для определения экологически обоснованных норм антропогенной нагрузки на водоемы необходимо учитывать внутригодовую естественную динамику стока биогенных элементов. Для этого мы исследуем динамику состава стока и строения водосборных бассейнов.

Используются данные Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 50— 80-е гг. XX века. Для отбора постов мониторинга применены следующие критерии: отсутствие антропогенного регулирования реки, максимальная однородность ландшафтного строения водосбора, слабая степень антропогенного преобразования водосбора, не менее 10 лет непрерывного мониторинга. Из возможных 115 постов мониторинга было отобрано 25. Схема расположения частных водосборов выше постов мониторинга приведена на рисунке 1.

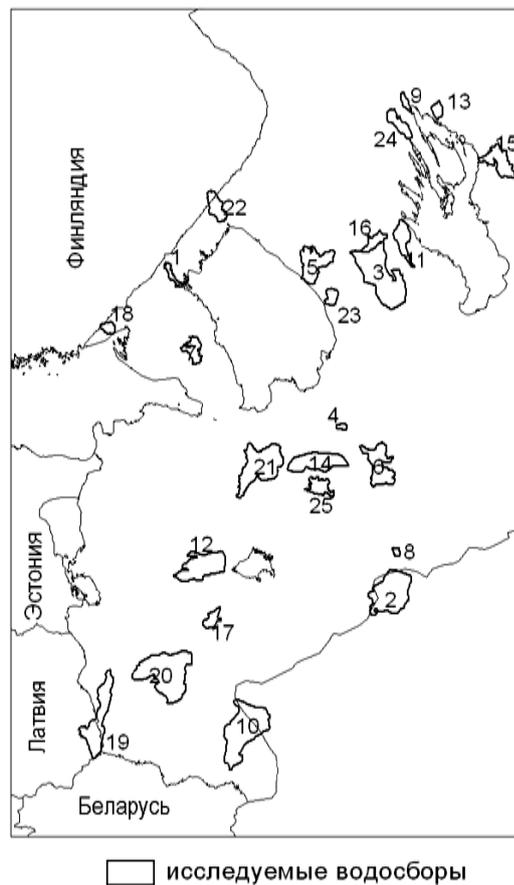
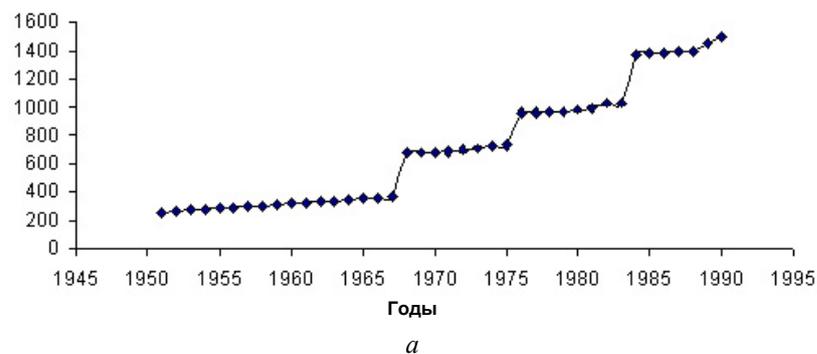


Рис. 1. Схема частных водосборных бассейнов исследуемых рек:
 1 — Асилан-Йоки; 2 — Березайка; 3 — Важина; 4 — Валя; 5 — Видлица;
 6 — Воложба; 7 — Волчья; 8 — Голоховка; 9 — Кумса; 10 — Кунья;
 11 — Лососинка; 12 — Мшага; 13 — Немина; 14 — Пчевжа; 15 — Пяльма;
 16 — Святрека; 17 — Северка; 18 — Селезневка; 19 — Синяя; 20 — Сороть;
 21 — Тигода; 22 — Тохма-Йоки; 23 — Тукса; 24 — Уница; 25 — Шарья

Для проверки возможной взаимосвязи этих изломов с увеличением объемов внесения удобрений метод накопленных сумм был применен к объемам поступления минеральных удобрений в народное хозяйство России. На графике накопленных сумм объемов азотных удобрений отмечены скачки в 1968, 1976, 1984 гг.; фосфорных — в 1967, 1972 и 1979 гг. (рис. 2). На графиках накопленных сумм среднегодовых концентраций биогенных элементов в реках Асилан-Йоки, Голоховке, Синеи, Шарье, Березайке, Кунье, Тохма-Йоки, Немине, Важине, Вале, Воложбе, Видлице, Туксе, Унице, Кумсе, Пчевже, Пяльме, Святреке и Тигоде в следующие годы отмечены изломы. Это могло бы свидетельствовать о влиянии увеличения объемов применяемых минеральных удобрений на содержание биогенных элементов в речном стоке.



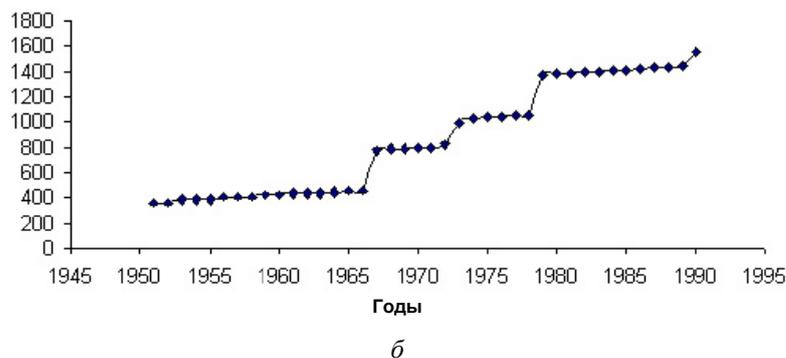


Рис. 2. Накопленные суммы поступления минеральных удобрений в сельское хозяйство России с 1951 по 1990 г.: *a* – азотные; *б* – фосфорные

Для проверки данного предположения было выполнено определение значений коэффициентов парной корреляции между среднегодовым содержанием биогенных элементов в речном стоке за данный год и поступлением минеральных удобрений в сельское хозяйство в текущем и предшествующем годах. В большинстве случаев коэффициент парной корреляции по модулю менее 0,5. Это свидетельствует о слабой связи между вносом удобрений и содержанием биогенных элементов в изучаемых реках.

Был проведен статистический анализ однородности среднегодовых концентраций минеральных форм биогенных элементов (рис. 3). Ряды наблюдений подразделялись на интервалы до и после времени изломов на графиках накопленных сумм. Поскольку количество элементов в обеих выборках не превышало 25 значений, были использованы непараметрические критерии Уилкоксона-Манна-Уитни и Зигеля-Тьюки. Оба критерия показали отсутствие статистически значимых различий во всех случаях.

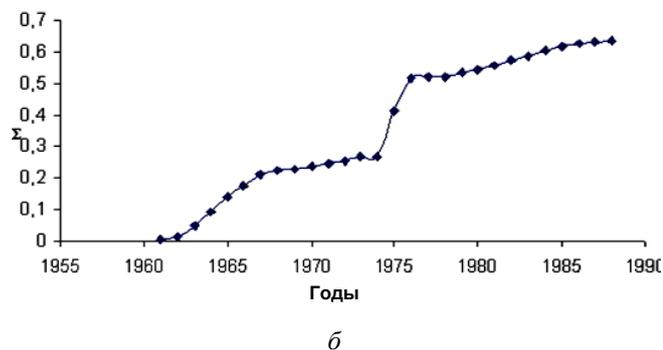
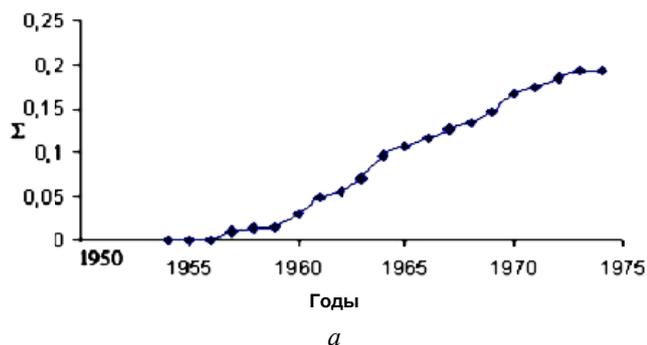


Рис. 3. Примеры построенных по методу накопленных сумм графиков для случаев неизменного и существенно изменившегося среднегодового содержания (соответственно реки Лососинка (*a*) и Шарья (*б*))

Следовательно, не выявлено качественных изменений концентраций биогенных элементов в водах исследуемых рек за рассматриваемый период. Изломы графиков накопленных сумм среднегодовых концентраций биогенных элементов отмечаются лишь в те годы, когда проводилось всего одно-два измерения в период высокой воды.

Для определения степени антропогенного давления на территорию водосборов рассчитан коэффициент антропогенного давления по формуле, предложенной профессором Г. Т. Фруминым [7; 8]. Результаты расчета приведены в таблице.

Коэффициент антропогенного давления на водосборы

Река	Плотность населения, чел./км ²	Коэффициент антропогенного давления
Асилан-Йоки	5	0,46
Березайка	5	0,46
Важина	5	0,46
Валя	10	0,85
Видлица	5	0,46
Воложба	7	0,62
Волчья	10	0,85

Окончание табл.

Река	Плотность населения, чел./км ²	Коэффициент антропогенного давления
Голоховка	5	0,46
Кумса	5	0,46
Кунья	10	0,85
Лососинка	5	0,46
Мшага	5	0,46
Немина	5	0,46
Пчевжа	7	0,62
Пяльма	5	0,46
Святрека	5	0,46
Северка	10	0,85
Селезневка	5	0,46
Синья	10	0,85
Сороть	10	0,85
Тигода	7	0,62
Тохма-Йоки	5	0,46
Тукса	5	0,46
Уница	5	0,46
Шарья	5	0,46

В большинстве случаев коэффициент антропогенного давления менее 0,5 и во всех случаях менее 1,0. Это свидетельствует о том, что антропогенное давление на водосборы меньше среднемирового, в подавляющем большинстве случаев в 1,5—2,0 раза.

Выполнено сравнение концентраций биогенных элементов в исследуемых реках и реках, на водосборы которых оказывается значительное антропогенное давление: Великой и Луге. Закон распределения концентраций биогенных элементов в водах этих рек близок к нормальному. С помощью критериев однородности Стьюдента, Фишера, Зигеля-Тьюки, Уилкоксона-Манна-Уитни выполнено сравнение содержания биогенов в каждой из 25 рек, с одной стороны, и в реках Великой и Луге — с другой. Во всех случаях выявлено значимое различие в содержании биогенных элементов между каждой из исследуемых рек и реками Великой и Лугой. Поэтому можно предположить, что антропогенное давление на выбранные водосборы существенно ниже, чем на водосборы рек Великой и Луги.

Для выявления антропогенной составляющей стока исследуемых рек применен метод Цобриста-Дейвиса [4]. Значения фоновых концентраций биогенных элементов взяты по литературным источникам [2; 3; 5]. Метод показал, что концентрация биогенных элементов в исследуемых реках не превосходит фоновых значений. Есть несколько исключений, относящихся к пробам, отобраным в период половодья, когда наблюдается повышенное поступление биогенных элементов с любых водосборов, включая ненарушенные.

Для определения особенностей водосборных бассейнов исследуемых рек их границы были наложены в среде ГИС ArcView на карты ландшафтных провинций Северо-Запада, доли

сельскохозяйственных земель, доли пашни, лесистости по географическим мезорегионам и леспромхозам, возрастных особенностей древостоя и доминирующих древесных пород [1].

Выявлены следующие особенности водосборов. К Карельской южнотаежной подпровинции относятся водосборы рек Селезневки, Асилан-Йоки, Волчьей; к Карельской среднетаежной подпровинции — Видлицы, Немины, Кумсы, Лососинки, Пчевжи, Тохма-Йоки, Уницы, Туксы, Пяльмы, Святреки; к Северо-Западной южно-таежной подпровинции — Мшаги, Воложбы, Тигоды, Шарьи, Важины, Вали, Голоховки; к Северо-Западной подтаежной провинции — Сороти, Северки, Синей, Березайки, Куньи.

В большинстве случаев водосборные бассейны характеризуются незначительной долей сельскохозяйственной освоенности (не более пятой части), за исключением водосборов рек Куньи, Синей, Сороти, Северки и частично Мшаги. Величина стока биогенных элементов прямо пропорциональна доле сельскохозяйственных земель [6]. Доля сельскохозяйственных земель на исследуемых водосборах не превышает 40 %.

Картографический анализ лесистости водосборов выполнен по картам лесистости по мезорегионам и данным леспромхозов [1]. Большая часть водосборов имеет высокую степень лесистости — не менее половины территории. Исключением являются водосборы рек Сороти, Синей, Куньи и частично Северки.

Доля пашни на большинстве исследуемых водосборов не превосходит 10%, за исключением водосборов рек Сороти, Синей, Северки, Куньей и частично Мшаги, на водосборах которых доля пашни не превосходит 20 %.

На большей части водосборных бассейнов доминируют молодые или спелые хвойные породы, за исключением Мшаги, Северки, Березайки, Голоховки, Тигоды и частично Сороти и Пчевжи.

Было выполнено подразделение водосборов на группы на основе следующих параметров: 1) принадлежности к одной ландшафтной провинции; 2) лесистости; 3) доли сельскохозяйственных земель; 4) доли пашни; 5) плотности сельского населения; 6) возрастных характеристик древостоев; 7) доминирующих древесных пород.

Основопологающим признаком является принадлежность к одной ландшафтной провинции. Затем рассматриваются остальные характеристики. Для отнесения водосборов к различным группам требуются различия как минимум по двум параметрам. Водосборные бассейны объединены в четыре группы: северная группа — Кумса, Немина, Пяльма, Уница; карельская группа — Асилан-Йоки, Селезневка, Волчья; центральная группа — Березайка, Важина, Валя, Видлица, Воложба, Голоховка, Лососинка, Пчевжа, Святерка, Тигода, Тукса, Уница; южная группа — Кунья, Северка, Синяя, Сороть; водосбор Мшаги не может быть отнесен ни к одной из групп.

Список литературы

1. *Исаченко А. Г.* Экологическая география Северо-Запада. СПб., 1995. Ч. 2.
2. *Кондратьев С. А.* Формирование внешней нагрузки на водоемы: проблемы моделирования. СПб., 2007.
3. *Кондратьев С. А.* Математическое моделирование формирования нагрузки на Финский залив // Материалы IX международной конференции «Дни Балтийского моря». СПб., 2008.
4. *Никаноров А. М.* Гидрохимия: учебник. СПб., 2001.
5. *Примак Е. А.* Интегральная оценка устойчивости и экологического благополучия водных объектов: дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 2009.
6. *Хрисанов Н. И., Осипов Г. К.* Управление эвтрофированием водоемов. СПб., 1993.
7. *Фрумин Г. Т., Образцова А. Б.* Антропогенные нагрузки на водосборы Балтийского моря // Материалы научной конференции «АкваТерра-2004». СПб., 2004.
8. *Фрумин Г. Т., Степанова Е. В.* Фоновые концентрации биогенных элементов в реках бассейна Балтийского моря // Материалы V международной конференции «Экологические и гидрометеорологические проблемы городов и промышленных зон», 7—9 июня 2009 года. СПб., 2009.

Об авторах

Третьяков Виктор Юрьевич, кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и природопользования факультета географии и геоэкологии, Санкт-Петербургский государственный университет, доцент кафедры прикладной экологии, Российский государственный гидрометеорологический университет.

E-mail: v_yu_tretyakov@mail.ru

Селезнев Денис Евгеньевич, соискатель, Российский государственный гидрометеорологический университет.

E-mail: catrine1980@mail.ru

About authors

Dr. Victor Tretyakov, Associate Professor, Department of Geocology and Nature Management, Saint Petersburg State University, Department of Applied Ecology, Russian State Hydrometeorological University.

E-mail: v_yu_tretyakov@mail.ru

Denis Seleznev, PhD student, Russian State Hydrometeorological University.

E-mail: catrine1980@mail.ru