

ФОСФАТЫ В ВОДЕ МАЛЫХ ТАЕЖНЫХ РЕК СЕВЕРНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ

В.П. Шестеркин, Н.М. Шестеркина

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, ул. Дикопольцева, 56, г. Хабаровск, 680000, Россия.

E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru

Рассмотрено содержание фосфатов в воде малых таежных рек Северного Сихотэ-Алиня в 1999–2024 гг. Показаны значительные вариации их концентраций в зависимости от состава подстилающих пород, влияния лесных пожаров и нереста лососевых пород рыб. Максимальные концентрации фосфатов отмечены в воде рек, на водосборах которых в составе подстилающих пород доминируют вулканогенные образования, а также после нереста лососей, повышенные концентрации – после катастрофических лесных пожаров.

PHOSPHATES IN THE WATER OF SMALL TAIGA RIVERS OF THE NORTHERN SIKHOTE-ALIN

V.P. Shesterkin, N.M. Shesterkina

Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS, 56 Dicopol'tsev Str., Khabarovsk 680000, Russia.

E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru

The content of phosphates in the water of small taiga rivers of the northern Sikhote-Alin in 1999–2024 is considered. Significant variations in their concentrations depending on the composition of underlying rocks, the influence of forest fires and spawning of salmonid fish species are shown. The maximum phosphate content is noted in water rivers, in catchment areas in the composition of underlying rocks, dominant in volcanic formations, and also after salmon spawning; elevated content is noted after catastrophic forest fires.

Северный Сихотэ-Алинь – часть горной страны, которая в пределах Хабаровского края занимает обширную территорию между долинами рек Амура и Уссури, побережьем Татарского пролива и Амурского Лимана.

Значительная контрастность климата, обусловленная влиянием моря и материка, широкое развитие пород разного состава (осадочных, эффузивных и интрузивных) и почв (буроземов грубогумусовых и иллювиально-гумусовых), наличие месторождений минеральных холодных и термальных вод оказывают большое влияние на содержание фосфатов – одного из основных биогенных веществ, которые определяют продуктивность речных вод. Фосфаты поступают в русловую сеть в результате выветривания и растворения пород, содержащих фосфор, обмена с донными отложениями, с поверхности водосбора, процессов жизнедеятельности и распада водных организмов. В незагрязненных водах содержание фосфора обычно составляет сотые и тысячные доли мг Р/дм³.

Гидрохимическая изученность малых таежных рек Северного Сихотэ-Алиня низкая. Наблюдения Росгидромета отсутствуют. Опубликованные ранее материалы о содержании фосфатов в воде этих рек (Форина, Шестеркин, 2010; Форина и др.,

2011, 2013) в последние годы были дополнены новыми данными, которые позволяют получить более полную картину об их содержании и сезонной динамике. Поэтому основной целью работы является изучение пространственной и временной изменчивости содержания фосфатов в воде малых таежных рек Северного Сихотэ-Алиня.

Материалы и методы

Гидрохимические исследования осуществляли в основном эпизодически в период открытого русла с 2002 по 2024 гг. Лишь на отдельных водотоках восточного макросклона (Мульпа, Солончаковый, Гыджу) пробы воды брали в зимнюю межень. В бассейне р. Анюй после катастрофических пожаров 1998 г. наблюдения проводили на рр. Куптурку, Мал. Эртукули и др. в 1999–2011 гг. 4–6 раз в год, в 2012, 2016–2017, 2022–2023 гг. один раз в год.

Пробы воды фильтровали через мембранные фильтры (0,45 мкм) и анализировали в Центре коллективного пользования при ИВЭП ДВО РАН. Содержание фосфатов определяли после фильтрации фотометрическим методом по РД 52.24.382-2006.

Результаты и обсуждение

Таежные реки Северного Сихотэ-Алиня характеризуются в основном низкой минерализацией воды (до 50 мг/дм³). Более высокие ее значения наблюдаются в районах распространения карста и выходов минеральных вод (Форина и др., 2011). По химическому составу вода гидрокарбонатно-кальциевая, ее цветность редко превышает 15°, значение перманганатной окисляемости – 5 мг О/дм³.

Содержание фосфатов в воде большинства малых таежных рек редко превышает 0,01 мг Р/дм³, иногда находится ниже предела обнаружения. Низкое их содержание обусловлено слабой растворимостью основных фосфатных минералов (фосфатов железа, алюминия и кальция), а также активным поглощением растворенных форм фосфора растительностью (Савенко, Захарова, 1997). Подобное содержание фосфора наблюдается в воде таежных рек, не подверженных антропогенному воздействию в западной и восточной части Южного Сихотэ-Алиня (Приморье) – в среднем до 0,008 и 0,004 мг Р/дм³, соответственно (Шулькин и др., 2009). Данные значения находятся на уровне среднего содержания фосфатов (0,015 мг Р/дм³) в воде малых рек лесных водосборов (Савенко, Захарова, 1997). Наиболее высокие концентрации общего фосфора выносятся из гумусового горизонта почв, развитых под ильмово-ясеневыми сообществами Южного Сихотэ-Алиня (Кожевникова и др., 2023).

Содержание в воде рек фосфора подвержено значительным сезонным колебаниям и зависит от соотношения интенсивности процессов фотосинтеза и биохимического разложения органических веществ. Сезонная динамика содержания фосфора в воде рек исследуемого района имеет свои особенности: в воде большинства рек содержание фосфатов повышается незначительно в осенний и зимний периоды (рис. 1). Дополнительным источником фосфора, вероятно, являются продукты разложения органического вещества, которые поступают в речную сеть после выпадения атмосферных осадков.

Максимальная концентрация фосфора наблюдается в воде рек, дренирующих вулканогенные отложения (базальты, андезиты, андезито-базальты и их туфы) в составе которых содержание фосфора в среднем составляет 0,13 % (0,3 % Р₂О₅) (Маккелви, 1977). На западном макросклоне Северного Сихотэ-Алиня данные

породы встречаются изолированно, на восточном – повсеместно вдоль Татарского пролива.

Согласно карте водоносных горизонтов, комплексов и зон трещиноватости Восточно-Сихотэ-Алиньского вулканогенного пояса и смежных с ним геоструктур (Болдовский, 1994), на Северном Сихотэ-Алине широкое распространение получили водоносные комплексы олигоцен-миоценовых вулканогенных образований (базальты, трахибазальты, андезиты-базальты, андезиты дациты и их туфы, прослои туфогенно-осадочных и осадочных пород) с пластово-поровыми, пластово-трещинными и трещинно-жильными (в зонах тектонических нарушений), преимущественно напорными водами. О циркуляции трещинно-жильных вод свидетельствует наличие термального источника с температурой воды 30 °С, расположенного на берегу р. Ботчи. В январе 2009 г. содержание фосфора в воде этого родника составляло 0,037 мг Р/дм³. Выше было его содержание (до 0,07 мг Р/дм³) в воде родника в бассейне р. Гыджу в районе г. Советская Гавань в марте 2004 г. Поэтому в воде малых таежных рек (Солончаковский, Моховой, Мульпа и др.) Ботчинского государственного заповедника содержание фосфатов изменяется от 0,033 до 0,117 мг Р/дм³ (Шестеркин, 2019). Максимальные значения отмечаются зимой, в половодье и паводки они могут значительно снижаться. В более узких пределах изменяется содержание фосфатов в воде притоков р. Тумнин (Аукамха, Людо, Абуа и др.): 0,003–0,014 мг Р/дм³ и расположенных на побережье Татарского пролива водотоков Тумнинского государственного природного заказника (Гыму, Быки, Аукан и др.): 0,008–0,015 мг Р/дм³ (Шестеркин, 2018).

Высокие концентрации фосфора наблюдаются и в воде рек Мухен, Альчи и Пунчи в районе Мухенского источника углекислых вод, в бассейнах которых подстилающими породами являются верхне-олигоценно-миоценовые базальты. В воде источника содержание фосфатов достигает 0,112 мг Р/дм³, в воде малых рек – до 0,049 мг Р/дм³ (Шестеркин и др., 2000).

Повышенные концентрации фосфатов отмечаются в воде рек, водосборы которых были пройдены лесными пожарами (Форина и др., 2011; Шестеркин, Шестеркина, 2002, 2016; Hauer, Spencer, 1998). В условиях полного выгорания растительного и почвенного покрова до коренных пород основным источником обогащения водных потоков фосфором были зола и обуглившиеся растительные остатки. В бассейне р. Анюй в воде малых рек (Забытый, Завальный и др.), водосборы которых были пройдены катастрофическими пожарами, содержание фосфора в среднем в 2 раза было выше, чем в воде рек (Куптурку и Малый Эртукули и др.), на водосборах которых лес не горел (рис. 2). В последние годы отмечается сглаживание различий в содержании фосфора вследствие зарастания гарей.

Многие реки Северного Сихотэ-Алиня являются нерестовыми для тихоокеанских лососей. Поэтому после их гибели речные воды могут существенно обогащаться фосфором (Вецлер и др., 2007). В воде р. Гыджу в ноябре 2003 г., марте и июне 2004 г. содержание фосфатов изменялось в узких пределах (0,035–0,053 мг Р/дм³), т. е. было повышенным вследствие широкого распространения вулканогенных пород. После нереста большого количества горбуши *Oncorhynchus gorbusha* (в водоток зашло до 200 тыс. особей) в июне–сентябре содержание фосфатов возросло до 0,31 мг Р/дм³. Значительно повысилось в это время также содержание аммонийного (до 1,35 мг N/дм³) и нитратного азота (до 0,48 мг N/дм³).

Таким образом, водотоки Северного Сихотэ-Алиня в основном характеризуются невысоким содержанием фосфатов. Наибольшие их концентрации отмечены в воде рек, в составе подстилающих пород которых доминируют вулканогенные

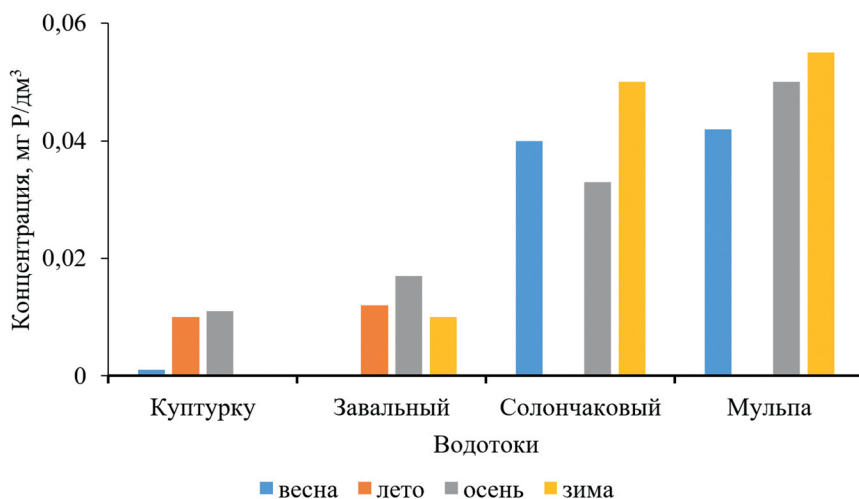
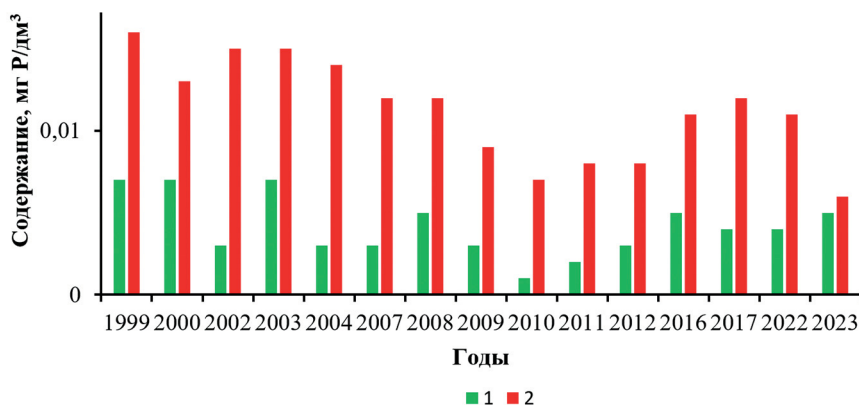


Рис. 1. Сезонная динамика фосфатов в воде малых рек Северного Сихотэ-Алиня



1 – фоновый участок, 2 – пирогенно измененные водосборы

Рис. 2. Многолетняя динамика концентрации фосфатов в воде таежных рек бассейна р. Анюй: 1 – фоновый участок, 2 – пирогенно измененные водосборы

образования, а также после нереста большого количества лососей, повышенные концентрации – после катастрофических лесных пожаров.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, темы № 121021500060-4.

Литература

- Болдовский Н.В.** 1994. Подземные воды Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса. Владивосток: Дальнаука. 224 с.
- Вецлер Н.М., Уколова Т.К., Свириденко В.Д.** 2007. Многолетняя изменчивость содержания кислорода и минерального фосфора в озере Дальнем (Камчатка) // Водные ресурсы. Т. 34, № 6. С. 713–718.
- Кожевникова Н.К., Болдескул А.Г., Луценко Т.Н.** 2023. Состав почвенных вод горно-лесных ландшафтов Верхней Уссури и оценка выноса химических элементов // Биота и среда природных территорий. Т. 11, № 2. С. 62–74.
- Маккелви В.Е.** 1977. Распространенность и распределение фосфора в литосфере // Фосфор в окружающей среде. М.: Мир. С. 24–46.

- РД 52.24.382-2006. Массовая концентрация фосфатов и полифосфатов в водах. Ростов-на-Дону, 2006.
- Савенко В.С., Захарова Е.А. 1997. Фосфор в воде первичной гидрографической сети // *Водные ресурсы*. Т. 24, № 3. С. 292–299.
- Фори́на Ю.А., Шестеркин В.П. 2010. Особенности химического состава речных вод восточного макросклона Северного Сихотэ-Алиня // *География и природные ресурсы*. № 3. С. 81–87.
- Фори́на Ю.А., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2013. Фосфор в воде таежных рек северного Сихотэ-Алиня // *Тихоокеанская геология*. Т. 32, № 1. С. 116–119.
- Фори́на Ю.А., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Ри Т.Д. 2011. Гидрохимия малых рек западного склона Сихотэ-Алиня // *Биогеохимические и геоэкологические параметры наземных и водных экосистем*. Вып. 19. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. С. 125–135.
- Шестеркин В.П. 2018. Гидрохимия рек природного заказника «Тумнинский» // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. № 3. С. 4–15.
- Шестеркин В.П. 2019. Особенности химического состава природных вод бассейна реки Ботчи (Хабаровский край) // *Региональные проблемы*. 2019. Т. 22, № 1. С. 38–43.
- Шестеркин В.П., Шамов В.В., Шестеркина Н.М. 2000. Особенности химического состава речных вод Пунчинского участка Мухенского месторождения минеральных вод // *Геохимические и эколого-биогеохимические исследования в Приамурье*. Вып. 10. Владивосток: Дальнаука. С. 180–185.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2002. Влияние крупных лесных пожаров на гидрохимический режим таежных рек Приамурья // *География и природные ресурсы*. № 2. С. 47–52.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2016. Влияние катастрофических лесных пожаров на химический состав воды рек бассейна р. Анюй (Северный Сихотэ-Алинь) // *Вестник СВНЦ ДВО РАН*. № 3. С. 47–54.
- Шулькин В.М., Богданова Н.Н., Перепелятников Л.В. 2009. Пространственно-временная изменчивость химического состава речных вод юга Дальнего Востока РФ // *Водные ресурсы*. Т. 36, № 4. С. 428–439.
- Hauer F.R., Spencer C.N. 1998. Phosphorus and nitrogen dynamics in streams associated with wildfire: a study of immediate and long-term effects // *Int. J. of Wildland Fire*. Vol. 8, № 4. P. 183–198.