

## ФОСФОР В ВОДЕ ТАЕЖНЫХ РЕК СЕВЕРНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ

*Ю.А. Форина, В.П. Шестеркин, Н.М. Шестеркина*

ФГБУН Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, ул. Ким-Ю-Чена 65, Хабаровск, 680000;

e-mail: [iver@iver.as.khb.ru](mailto:iver@iver.as.khb.ru)

Поступила в редакцию 17 января 2012 г.

Определены концентрации и выявлена сезонная динамика фосфора в воде рек северного Сихотэ-Алиня. Показаны различия в содержании фосфора в воде рек, обусловленные особенностями подстилающих пород, пожарами и нерестом тихоокеанских лососей.

**Ключевые слова:** фосфор, горно-таежные реки, северный Сихотэ-Алинь.

### ВВЕДЕНИЕ

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

Значительная контрастность климата, обусловленная влиянием моря и материка, широкое развитие различных пород (осадочных, эффузивных и интрузивных) и почв (буроземов грубогумусовых и иллювиально-гумусовых), наличие месторождений минеральных холодных и термальных вод оказывают большое влияние на содержание фосфора – одного из основных биогенных элементов, который определяет продуктивность речных вод. Соединения фосфора поступают в русловую сеть в результате выветривания и растворения пород, содержащих фосфор, обмена с донными отложениями, процессов жизнедеятельности и распада водных организмов, с поверхности водосбора. В незагрязненных водах содержание минерального фосфора обычно составляет сотые и тысячные доли мг P/дм<sup>3</sup>.

Гидрохимическая изученность рек северного Сихотэ-Алиня низкая. Наблюдения Росгидромета осуществляются лишь в нижнем течении рек Бира, Кия, Подхоронок, Хор, Манома, Гур и Тумнин, испытывающих определенное влияние хозяйственной деятельности. Опубликованные ранее материалы о содержании фосфора в воде таежных рек северного Сихотэ-Алиня [6, 7, 9] в последние годы были дополнены новыми данными, которые позволяют получить более полную картину о содержа-

нии и сезонной динамике фосфора. Поэтому основной целью работы является изучение пространственно-временной изменчивости содержания фосфора в воде таежных рек северного Сихотэ-Алиня.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Гидрохимические исследования осуществлялись в основном эпизодически в период открытого русла с 2002 по 2011 гг. На отдельных водотоках восточного макросклона рр. Мульпа, Солончаковый (бассейн р. Ботчи), Гыджу и Коппи отбор проб осуществлялся также с ноября по март. В бассейне р. Анной наблюдения проводились на рр. Куптурку, Мал. Эртукули и др. в 1999–2011 гг. 4–6 раз в год. Местоположение пунктов наблюдений показано на рис. 1.

Пробы воды фильтровали через мембранные фильтры (0.45 мкм) и анализировались в Межрегиональном центре экологического мониторинга гидроузлов (№ РОСС RU 0001 515988) при ИВЭП ДВО РАН. Содержание минерального фосфора определялось после фильтрации фотометрическим методом в соответствии с РД 52.24.382 – 2006 [4].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Таежные реки северного Сихотэ-Алиня в основном характеризуются низкой минерализацией воды (40–50 мг/дм<sup>3</sup>). Более высокое ее значение наблюдается в районах распространения карста и выходов минеральных вод [7]. По составу вода гидрокарбонатно-кальциевая, цветность редко превышает 15°, а перманганатная окисляемость – 5 мг O/дм<sup>3</sup>.

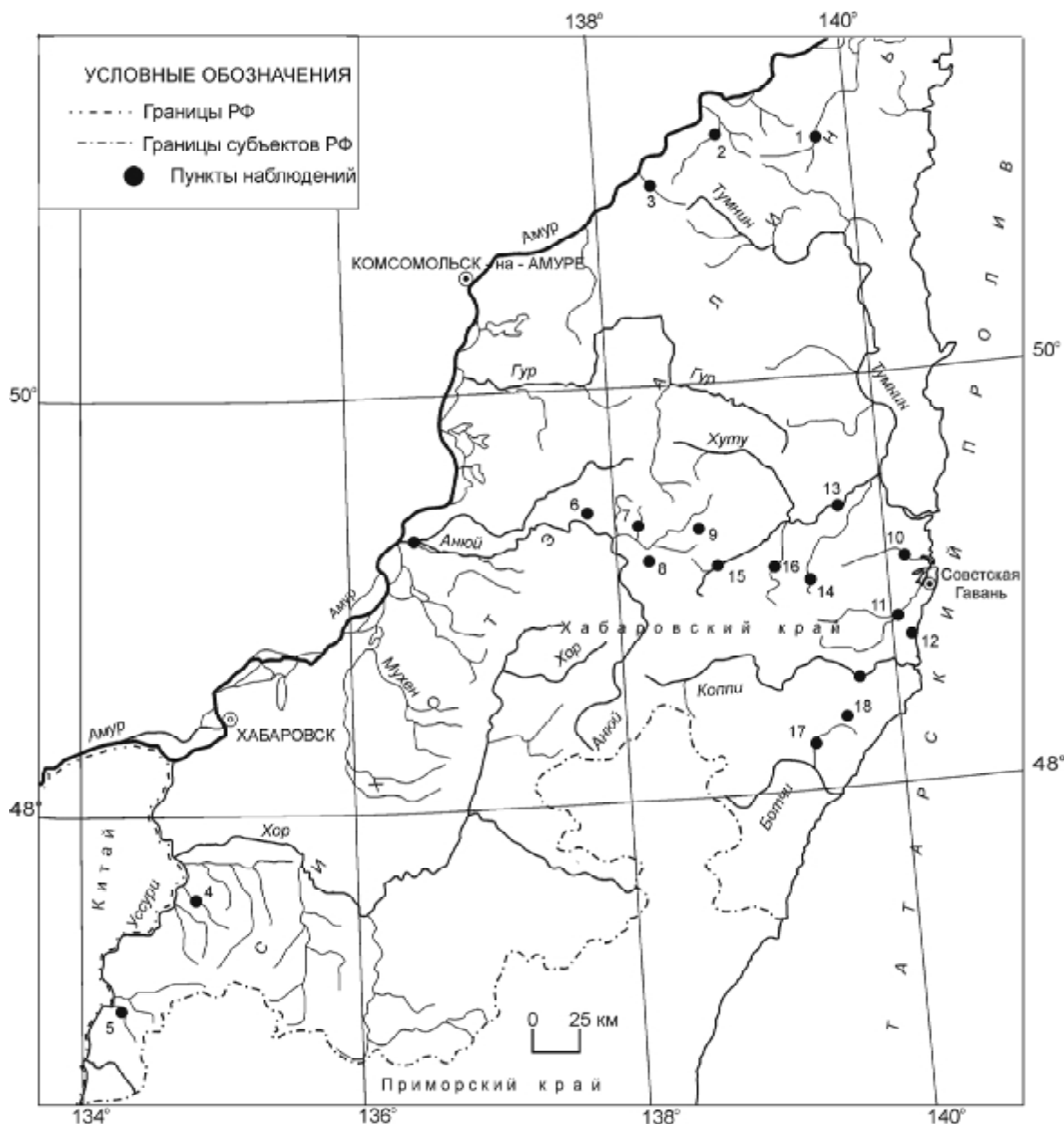


Рис. 1. Карта-схема опробования поверхностных вод.

Бассейн р. Амур: 1–5 – реки Яй (1), Саласу (2), Шелехова (3), 3-я Седьмая (4), Левые Шивки (5), 6–9 – водосбор р. Анюй: реки Куптурку (6), Мал. Эртукули (7), руч. Забытый (8), руч. Горелый 2 (9); бассейн Японского моря: 10–12 – реки Чистоводный (10), Бол. Хады (11), Гыджу (12), 13–16 – водосбор р. Тумнин: реки Хуту (13), Хича (14), Бута (15), Аджалами (16), 17, 18 – водосбор р. Ботчи: р. Мульпа (17), руч. Солончаковый (18).

Содержание фосфора в воде большинства рек: Яй, Саласу, Шелехова, Анюй, Куптурку, Мал. Эртукули, Хуту, Хича, Бута, Аджалами, Коппи (рис. 1) изменяется от  $< 0.010$  до  $0.030$  мгР/дм<sup>3</sup>. Низкое их содержание обусловлено слабой растворимостью основных фосфатных минералов (фосфаты железа, алюминия и кальция) и интенсивным поглощением растворенных форм фосфора растительностью [5]. Подобное содержание фосфора отмечается в воде

рек, не подверженных антропогенному воздействию в западной и восточной частях Сихотэ-Алиня Приморья – в среднем до  $0.008$  и  $0.004$  мгР/дм<sup>3</sup>, соответственно [10]. Данные значения находятся на уровне среднего содержания фосфора в малых реках лесных водосборов ( $0.015$  мгР/дм<sup>3</sup>) [5].

Содержание в воде рек фосфора подвержено значительным сезонным колебаниям и зависит от соотношения интенсивности процессов фотосинтеза и

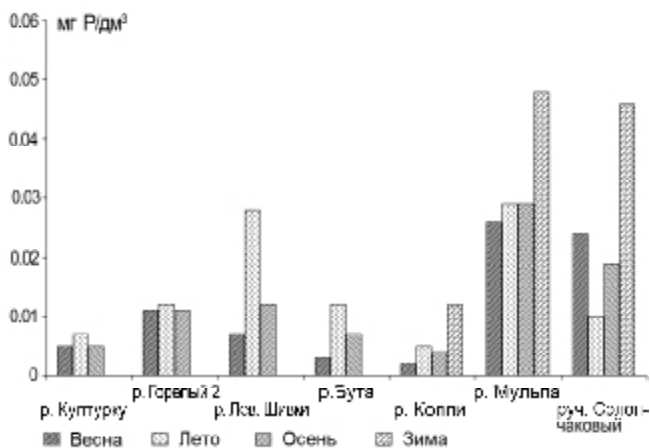


Рис. 2. Сезонная динамика фосфора в воде рек северного Сихотэ-Алиня.

биохимического разложения органических веществ. Сезонная динамика содержания фосфора в воде рек исследуемого района имеет свои особенности: в воде большинства водотоков концентрация фосфора увеличивается незначительно в летне-осенний период (рис. 2). Дополнительным источником фосфора, вероятно, являются продукты разложения органического вещества, которые поступают в речную сеть после выпадения дождей.

Максимальная концентрация фосфора наблюдается в воде в бассейнах рек с вулканогенными подстилающими породами (андезиты, базальты и андезибазальты), в составе которых содержание фосфора в среднем составляет 0.13 % P (0.3 %  $P_2O_5$ ) [3]. 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-Алинского вулканогенного пояса и смежных с ним геоструктур [1], на северном Сихотэ-Алине широкое распространение получили водоносные комплексы олигоцен-миоценовых вулканогенных образований (базальты, трахибазальты, андезибазальты, андезиты, дациты и их туфы, прослойки 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 °C, расположенного на берегу р. Ботчи. В январе 2009 г. содержание фосфора в воде этого родника (гидрокарбонатно-натриевого состава) составляло 0.040 мг P/dm³. Выше было его со-

держание (до 0.070 мг P/dm³) в воде родника в районе оз. Тихое Советско-Гаванского района в марте 2004 г. В воде малых рек этого района (Гыджу, Мульпа, руч. Солончаковый и др.) концентрации фосфора изменяются в диапазоне от 0.018 мг P/dm³ до 0.054 мг P/dm³ (в среднем 0.037–0.045 мг P/dm³). Максимальные значения отмечаются зимой, в половодье и паводки они могут значительно снижаться (рис. 2).

Высокие концентрации фосфора наблюдаются и в воде рек Мухен, Альчи и Пунчи в районе Мухенского источника углекислых вод, в бассейнах которых подстилающими породами являются верхнеолигоценно-миоценовые базальты. В воде источника содержание фосфора достигает 0.112 мг P/dm³, в воде малых рек – до 0.049 мг P/dm³ [8].

Повышенные концентрации фосфора отмечаются в воде рек, водосборы которых были пройдены лесными пожарами [9, 11]. В условиях полного выгорания растительного и почвенного покрова до коренных пород основным источником обогащения водных потоков фосфором являются зола и обуглившиеся растительные остатки. В бассейне р. Анюй в воде малых рек (Забывтый, Завальный, Горелый), на поверхности водосборов которых лес сгорел в 1998 г., содержание фосфора составляло от < 0.010 до 0.025 мг P/dm³ (в среднем 0.013 мг P/dm³), что в 2 раза выше, чем в воде фоновых рек (Куптурку и Малый Эртукули), на водосборах которых лес не горел (рис. 3). В 2009–2011 гг. 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 [2]. В воде р. Бол. Хадя в 2006 г. содержание фосфора до нереста составляло 0.01 мг P/dm³, а после – 0.06 мг P/dm³, т.е. возросло в 6 раз.

Значительно повысилось в это время содержание аммонийного (с 0.04 мг N/dm³ до 0.34 мг N/dm³) и нитратного (с 0.12 мг N/dm³ до 0.27 мг N/dm³) азота, значения перманганатной окисляемости (с 3.0 мг O/dm³ до 6.9 мг O/dm³).

Таким образом, водотоки северного Сихотэ-Алиня характеризуются низким содержанием фосфора. Максимальные его концентрации отмечены в воде бассейнов рек с вулканогенными подстилающими породами, повышенные – с пройденными лесными пожарами водосборами и после нереста тихоокеанских лососей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-05-00182)

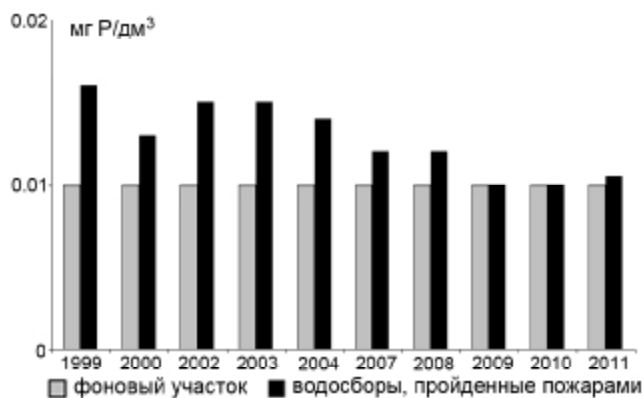


Рис. 3. Многолетняя динамика концентрации фосфора в воде рек бассейна р. Ануй

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болдовский Н.В. Подземные воды Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса. Владивосток: Дальнаука, 1994. 224 с.
2. Вещер Н. М., Уколова Т.К., Свириденко В.Д. Многолетняя изменчивость содержания кислорода и минерального фосфора в озере Дальнем (Камчатка) // Водные ресурсы. 2007. Т. 34, № 6. С. 713–718.
3. Макквелви В.Е. Распространенность и распределение фосфора в литосфере // Фосфор в окружающей среде. М.: Мир, 1977. С. 24–46.
4. Руководящий документ 52.24.382–2006. Методика выполнения измерений массовой концентрации фосфатов и полифосфатов в водах фотометрическим методом. Ростов-на-Дону, 2006.
5. Савенко В.С., Захарова Е.А. Фосфор в воде первичной гидрографической сети // Водные ресурсы. 1997. Т. 24, № 3. С. 292–299.
6. Форина Ю.А., Шестеркин В.П. Особенности химического состава речных вод восточного макросклона Северного Сихотэ-Алиня // География и природные ресурсы. 2010. № 3. С. 81–87.
7. Форина Ю.А., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. и др. Гидрохимия малых рек западного склона Сихотэ-Алиня // Биогеохимические и геоэкологические параметры наземных и водных экосистем. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2011. Вып. 19. С. 125–135.
8. Шестеркин В.П., Шамов В.В., Шестеркина Н.М. Особенности химического состава речных вод Пунчинского участка Мухенского месторождения минеральных вод // Геохимические и эколого-биогеохимические исследования в Приамурье. Владивосток: Дальнаука, 2000. Вып. 10. С. 180–185.
9. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Влияние крупных лесных пожаров на гидрохимический режим таежных рек Приамурья // География и природные ресурсы. 2002. № 2. С. 47–52.
10. Шулькин В.М., Богданова Н.Н., Перепелятников Л.В. Пространственно-временная изменчивость химического состава речных вод юга Дальнего Востока РФ // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, № 4. С. 428–439.
11. Hauer F. R., Spencer C. N. Phosphorus and nitrogen dynamics in streams associated with wildfire: a study of immediate and longterm effects // Int. J. of Wildland Fire. 1998. V. 8, № 4. P. 183–198.

Рекомендована к печати О.В. Чудаевым

*Yu.A. Forina, V.P. Shesterkin, N.M. Shesterkina*

#### Phosphorus in the waters of the taiga rivers of the northern Sikhote-Alin

Phosphorus concentrations and its seasonal dynamics in the river waters of North Sikhote-Alin have been defined. Differences in phosphorus content in river waters caused by specific features of the underlying rocks, wildfires, and spawning of the Pacific Ocean salmons are shown.

**Keywords:** phosphorous, mountain-taiga rivers, North Sikhote-Alin.