

УДК 550.7

П.В. ИВАШОВ

Биогеохимические исследования в ИВЭП ДВО РАН (1963–2018 гг.)

В связи с 50-летием Института водных и экологических проблем ДВО РАН приведен обзор результатов биогеохимических исследований, выполненных в 1963–2018 гг.

Ключевые слова: биогеохимический метод поисков рудных месторождений, биогеохимия, окружающая среда.

Biogeochemical researches in IWEP FEB RAS (1963–2018). P.V. IVASHOV (Institute of Water and Ecological Problems, FEB RAS, Khabarovsk).

In the connection with the 50th anniversary of the Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS, a review of the topics and results of biogeochemical studies performed in 1963–2018 is given.

Key words: biogeochemical method of ore deposits search, biogeochemistry, environment.

Биогеохимические исследования в Институте водных и экологических проблем (ИВЭП) ДВО РАН были начаты по инициативе члена-корреспондента АН СССР А.С. Хоментовского в 1963 г. в Хабаровской группе лабораторий Дальневосточного филиала СО АН СССР, на базе которых в 1968 г. был создан Хабаровский комплексный НИИ СО АН СССР. В постановлении Президиума АН СССР от 26 июля 1968 г. № 563 это научное направление было сформулировано следующим образом: «Изучение современных биогеохимических и геологических процессов, протекающих на земной поверхности и в приповерхностных горизонтах земной коры Хабаровского края, разработка теоретических основ биогеохимического метода поисков полезных ископаемых, геохимическая характеристика современных и древних ландшафтов и отложений». При переименовании в 1988 г. Хабаровского комплексного НИИ в Институт водных и экологических проблем ДВО АН СССР (в настоящее время – ДВО РАН) биогеохимическое направление сохранилось как одно из основных. Таким образом, в общей сложности биогеохимические исследования в институте ведутся свыше 50 лет.

На протяжении всего этого времени биогеохимическими исследованиями в институте занимались специализированные подразделения под руководством П.В. Ивашова: 1963–1974 гг. – тематическая группа, 1975–1981 гг. – лаборатория геохимии зоны гипергенеза, 1982–1986 гг. – тематическая группа, 1987–2000 гг. – лаборатория биогеохимических оценок загрязнения окружающей среды, 2001–2006 гг. – лаборатория биогеохимии, со второй половины 2006 г. – лаборатория гидроэкологии и биогеохимии.

В истории развития биогеохимических исследований в ИВЭП ДВО РАН можно выделить два периода: с 1963 по 1985 г. и с 1986 по 2018 г.

На первом этапе институт работал по тематике, связанной с обоснованием теоретических основ и биогеохимических методов поиска рудных месторождений в условиях

ИВАШОВ Петр Васильевич – доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник (Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск). E-mail: iverp@iverp.as.khb.ru

муссонного климата юга Дальнего Востока России. На втором этапе превалировала тематика, посвященная биогеохимической индикации и биогеохимической оценке загрязнения, в том числе тяжелыми металлами, наземных и водных экосистем Дальнего Востока, а также разработке теории и методов биогеохимической экспертизы окружающей среды и проектов хозяйственной деятельности. Кратко рассмотрим результаты биогеохимических исследований в ИВЭП ДВО РАН.

В 1963–1970 гг. выполнялась тема «Разработка теоретических основ и практических приемов биогеохимического метода поисков рудных месторождений в условиях муссонного климата юга Дальнего Востока». Было установлено, что оловорудные, редкометалльные и полиметаллические месторождения и рудопроявления сопровождаются биогеохимическими ореолами рассеяния олова, бериллия, циркония, вольфрама, молибдена, цинка, свинца, меди и других металлов в растениях и почвах. В пределах ореолов рассеяния выделяются биогеохимические аномалии тех или иных металлов, непосредственно фиксирующие эпицентры залегания рудных залежей. При этом контрастность аномалий по растениям значительно выше, чем литогеохимических (почвенных) аномалий, т.е. растения более чувствительны к обнаружению рудной минерализации по сравнению с почвами [7, 19, 25, 28].

В 1971–1975 гг. сотрудники института работали над темой «Биогеохимические особенности ландшафтов юга Дальнего Востока». Исследования выполнялись на различных в петрографическом отношении массивах горных пород. Установлено, что минералогическая и геохимическая специализация коренных материнских вулканогенных и интрузивных магматических пород как субстрата формирования ландшафтов отражается на современной коре выветривания в почвах и растениях [15, 27, 29].

В 1976–1980 гг. исследования велись по теме «Закономерности проявления и скорости геохимических процессов при выветривании, почвообразовании и внутрипочвенном выветривании». Было выявлено, что формирование биогеохимических ореолов рассеяния металлов в растениях зависит от форм нахождения их в современной коре выветривания и почвах, а также скоростей выветривания обломков коренных пород и первичных минералов. Оказалось, что ведущую роль при внутрипочвенной трансформации обломков первичных пород и минералов играют биогеохимические факторы, обусловленные биотическими компонентами почв [20, 32].

В 1981–1985 гг. в рамках проекта «Разработка прогноза изменения окружающей среды Амурско-Комсомольского территориально-производственного комплекса (ТПК) Хабаровского края под влиянием хозяйственной деятельности» установлено, что биогеохимические приемы и способы оценки современного состояния и прогноза загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами под влиянием их техногенного рассеяния оказались наиболее оптимальными, особенно в случае опробования мхов и лишайников как исключительно высокочувствительных тест-индикаторов в условиях промышленных и урбанизированных зон [9, 16].

В 1986–1990 гг. институт работал над проблемой «Биогеохимическая индикация загрязнения окружающей среды». Выявлены биообъекты, в том числе растения, которые успешно фиксируют как фоновые (природные), так и повышенные (техногенные) концентрации тяжелых металлов и могут рассматриваться как высокочувствительные индикаторы при биогеохимической оценке состояния окружающей среды. Показано, что в качестве биообъектов-индикаторов можно использовать органические включения в наледных льдах [5, 6, 14, 31, 34].

В 1991–1995 гг. исследования велись по теме «Разработка теории и методов биогеохимической экспертизы состояния окружающей среды». Было обосновано представление о биогеохимической экспертизе как оценке загрязнения тяжелыми металлами и химическими соединениями природных и техногенных экосистем. Экспертиза окружающей среды проводится на основе опробования водных и наземных растений, водорослей, перифитона, гидробионтов, ихтиофауны, органического вещества и других биообъектов.

Показано, что биогеохимической экспертизе должны подлежать все проекты хозяйственной деятельности, строительство или последующее функционирование которых сопряжено с рассеянием или накоплением тяжелых металлов в окружающей среде. Биогеохимическая экспертиза окружающей среды и проектов хозяйственной деятельности – новое научное направление в учении о биосфере, имеющее важные теоретические и практические аспекты. В 1993–1995 гг. была выполнена инициативная работа (проект) «Биогеохимическая индикация загрязнения тяжелыми металлами воды реки Амур на основе диатомовых водорослей» при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований – РФФИ (проект 93-05-12113, научный руководитель и ответственный исполнитель П.В. Ивашов). В те годы это был первый и единственный проект РФФИ в институте [2, 3, 8, 11, 17, 30].

В 1996–2000 гг. основной для геохимиков института была тема «Биогеохимическая оценка и прогноз техногенного загрязнения пресноводных экосистем Дальнего Востока». Разработаны научные основы биогеохимических и гидробиологических критериев оценки качества природных и техногенных экосистем на территории Дальнего Востока, создана система комплексной биогеохимической и гидробиологической оценки современного состояния и прогноза загрязнения тяжелыми металлами пресноводных экосистем. Они позволили выработать практические рекомендации по снижению интенсивности или полной ликвидации техногенных потоков тяжелых металлов применительно к источникам загрязнения окружающей среды [1, 33].

В 2001–2005 гг. лаборатория биогеохимии проводила исследования по теме «Биогеохимические и геоэкологические факторы функционирования природных и техногенных экосистем Дальнего Востока России». В результате изучены биогеохимические и геоэкологические особенности биотических компонентов наземных и водных экосистем региона, определены уровни загрязнения тяжелыми металлами и химическими соединениями биоты и органическим веществом – поверхностных вод бассейна р. Амур. Впервые установлены количественные показатели степени влияния р. Сунгари на качество воды Среднего и Нижнего Амура. Было выполнено три проекта РФФИ: 01-05-96301 «Формы и подвижность ртути в городской среде промышленных центров Хабаровского края» (2001–2003 гг., научный руководитель Ф.С. Кот); 01-05-96305 «Геоэкологический мониторинг при цианидном выщелачивании золота» (2001–2003 гг., научный руководитель А.П. Неудачин); 01-05-96303 «Формирование химического состава вод Среднего Амура в зимнюю межень» (2001–2003 гг., научный руководитель В.П. Шестёркин) [13, 18, 39].

В 2006–2008 гг. сотрудники лаборатории гидроэкологии и биогеохимии осуществляли работы по разделу «Биогеохимические процессы техногенной трансформации экосистем» общепитутской темы «Геоэкологические проблемы бассейнов крупных рек Восточной Азии». Выявлена сезонная динамика содержания органического вещества, изучена миграция биогеохимических компонентов, тяжелых металлов и их соединений в поверхностных водах Приамурья. Разработаны научные основы и практические приемы биогеохимического мониторинга наземных и водных экосистем. Впервые показано, что техногенные выбросы в атмосферу Земли отходов топливной энергетики (углекислый газ) не оказывают существенного влияния на «парниковый эффект» вследствие нейтрализации последнего «эффектом грязного парника» [10, 35, 42, 44].

В 2009–2011 гг. биогеохимические исследования проводились по разделу «Биогеохимия органического вещества, тяжелых металлов и их соединений в наземных и водных экосистемах Приамурья» общепитутской темы «Трансформация экосистем и пути оптимизации природопользования в регионах нового освоения». Применительно к наземным экосистемам на выбранных полигонах были установлены уровни содержания тяжелых металлов в органах и частях растений; выявлены растения–концентраторы микроэлементов; обоснована возможность использования некоторых видов растений для биогеохимического мониторинга наземных экосистем в зоне хвойно-широколиственных лесов Приамурья [38]. Для речных и озерных экосистем выявлены особенности химического

состава органического вещества в воде и донных отложениях; дана оценка роли органического вещества в миграции тяжелых металлов в поверхностных водах; обоснована возможность использования растворенного и взвешенного органического вещества как тест-индикатора качества речных и озерных вод [40].

В 2012–2014 гг. выполнены работы по разделу «Гидроэкологические и биогеохимические исследования техногенных и природных ландшафтов» общегосударственной темы «Современные экологические риски, последствия и прогноз природных и антропогенных преобразований экосистем бассейна Амура (российская часть) в условиях глобального изменения климата». Изучены биогеохимические особенности растений техногенных ландшафтов бассейна Среднего и Нижнего Амура, установлены уровни концентрации микроэлементов, в том числе тяжелых металлов, в различных таксонах низших и высших растений (шляпочных грибах-макромицетах [37], травах [23], листьях и хвое деревьев [22]) в зоне хвойно-широколиственных лесов на примере Большехецирского заповедника (Хабаровский край), т.е. типичной по современному состоянию природной территории [4]. Дана оценка содержания и распределения растворенных форм металлов и их комплексных соединений с органическим веществом поверхностных вод, в частности с гумусовыми кислотами; исследован снежный покров городских и особо охраняемых заповедных территорий на наличие органических веществ и возможное их влияние на речные воды [41].

С 2015 и до 2020 г. намечено проведение биогеохимических исследований по разделу «Биогеохимия растений и органического вещества наземных и водных экосистем бассейна р. Амур». Установлены особенности биогеохимии растений агроландшафтов, в частности капусты белокочанной [21], помидоров, огурцов, кабачков [12], а также сорных растений [24]. Заложены основы нового научного направления в биогеохимии – агробиогеохимии. Биогеохимический подход к изучению пищевых растений, когда в них высокочувствительными методами определяется максимальное число (более 40) микроэлементов и тяжелых металлов, дает объективные сведения о качестве растительных продуктов питания [26]. Установлены особенности содержания и динамика растворенного и взвешенного органического вещества, показана роль гумусовых кислот в миграции металлов в речных водах Приамурья [43]. Исследована биогеохимия органического вещества в поверхностных водах на территории Большехецирского заповедника [47].

Лаборатория биогеохимии ИВЭП ДВО РАН в своих исследованиях не ограничивается территорией Дальнего Востока. В 1993–1994 гг. лаборатория совместно с Биологическим институтом ДВО РАН принимала участие в полевых работах на территории Японии в рамках совместного российско-японского проекта по программе «Изучение структуры и функционирования речных экосистем». Экспедиционные работы первого этапа (1993 г.) проводились на самом большом острове Японии – Хонсю, в частности в бассейне р. Сагами и ее притоков – рек Мисако и Доши (префектура Яманаси и Каногава), а также в окрестностях городов Хасимото (бассейн р. Каногава), Осака (бассейн р. Нунгава), Киото (бассейн р. Кибуне). На втором этапе (1994 г.) полевые исследования выполнялись на о-ве Хонсю в префектурах Каногава, Фукусима и Ниигата, а также в горном урочище Японские Альпы, в бассейнах рек Сугорокудани, Камиока, Такохара. В задачу сотрудников лаборатории биогеохимии входило изучение, опробование и последующий анализ на микроэлементы перифитона, водных мхов, водорослей и макрофитов в водах речных, озерных и прудовых экосистем. Установлено, что в «условно чистой» воде указанные биообъекты накапливают значительные количества свинца, кадмия, сурьмы и других тяжелых металлов [36, 46]. Поэтому качество природной воды для водоснабжения населения должно контролироваться не только высокочувствительными химико-аналитическими методами, но и биогеохимической индикацией на основе водных растений [45].

Опыт биогеохимических исследований в нашем институте подтверждает, что биогеохимия – исключительно перспективная наука, результаты которой могут применяться как

для поисков рудных месторождений, так и в целях биогеохимической оценки экологического состояния окружающей среды.

За 50 лет биогеохимических исследований сотрудниками лаборатории биогеохимии ИВЭП ДВО РАН опубликовано 10 монографий, 25 сборников научных трудов, защищено 11 диссертаций (1 – докторская, 10 – кандидатских), получено 2 авторских свидетельства, изданы многочисленные научные статьи в отечественных и зарубежных рецензируемых журналах, а также тезисы докладов всесоюзных, всероссийских и международных совещаний, конференций, симпозиумов, конгрессов и научных школ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация загрязнения окружающей среды химическими элементами // Тихоокеан. геология. 1996. № 1. С. 142–148.
2. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация загрязнения окружающей среды химическими элементами: концепция и задачи // География и природные ресурсы. 1994. № 2. С. 29–36.
3. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация загрязнения тяжелыми металлами воды реки Амур на основе диатомовых водорослей // Гидрологические и экологические процессы в водоемах и их водосборных бассейнах. Новосибирск: Наука, 1995. С. 60–61.
4. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация загрязнения экосистем химическими элементами. Хабаровск: ДВО РАН, 2013. 117 с.
5. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация оловорудной минерализации. М.: Наука, 1987. 247 с.
6. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация оловорудной минерализации: автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. М.: МГУ, 1988. 39 с.
7. Ивашов П.В., Бардюк В.В. Биогеохимические исследования на оловорудном месторождении Дальнего Востока // Геохимия. 1967. № 2. С. 228–232.
8. Ивашов П.В. Биогеохимические исследования на рудных месторождениях Дальнего Востока. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. 132 с.
9. Ивашов П.В. Биогеохимические исследования с целью установления особенностей накопления олова и его спутников в растениях // Микроэлементы в СССР. 1985. Вып. 26. С. 22–23.
10. Ивашов П.В., Пан Л.Н. Биогеохимический мониторинг // География и природные ресурсы. 2007. № 2. С. 158–161.
11. Ивашов П.В. Биогеохимия внутрипочвенного выветривания. М.: Наука, 1993. 379 с.
12. Ивашов П.В. Биогеохимия пищевых природных и культурных растений Приамурья // Экол. вестн. Сев. Кавказа. 2017. Т. 13, № 1. С. 35–39.
13. Ивашов П.В. География, минералогия и геохимия почв восточного участка зоны БАМ. Владивосток: Дальнаука, 2004. 150 с.
14. Ивашов П.В. Геохимические методы поисков оловорудных месторождений // Фундаментальные науки – народному хозяйству. М.: Наука, 1990. С. 500–501.
15. Ивашов П.В. Геохимия олова в современной коре выветривания кислых эффузивов юга Дальнего Востока // Изв. вузов. Геология и разведка. 1975. № 10. С. 55–60.
16. Ивашов П.В. Геохимия четвертичных элювиально-делювиальных образований на гранитных массивах Дальнего Востока // Материалы XI международного конгресса по четвертичному периоду (ИНКВА). М., 1982. Т. 3. С. 149–150.
17. Ивашов П.В. Закон зоны гипергенеза (уровни организации минерального вещества гипергенных геосистем) // Тихоокеан. геология. 1995. № 1. С. 111–118.
18. Ивашов П.В. Ландшафтно-геохимические исследования на базальтовых массивах. Владивосток: Дальнаука, 2003. 326 с.
19. Ивашов П.В., Бардюк В.В. Ландшафтно-геохимические исследования на рудных месторождениях Дальнего Востока. Л.: Наука, 1970. 149 с.
20. Ивашов П.В. Микроэлементы в бурых лесных почвах на серпентинитовом массиве юга Дальнего Востока // Микроэлементы в СССР. 1980. Вып. 21. С. 28–29.
21. Ивашов П.В. Микроэлементы в капусте на полигоне агросистемы Приамурья // Экол. вестн. Сев. Кавказа. 2015. Т. 11, № 3. С. 65–69.
22. Ивашов П.В. Микроэлементы в листьях и хвое деревьев Приамурья // Устойчивое развитие горных территорий. 2014. № 4 (22). С. 61–65.
23. Ивашов П.В. Микроэлементы в травах Приамурья // Биогеохимия и гидроэкология наземных и водных экосистем. Вып. 20. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2013. С. 147–156.
24. Ивашов П.В. Микроэлементы в сорных растениях Приамурья // Экол. вестн. Сев. Кавказа. 2016. Т. 12, № 3. С. 65–70.

25. Ивашов П.В. О биологических факторах выветривания пород и минералов // Вопросы географического изучения Дальнего Востока. Хабаровск: Кн. изд-во, 1965. С. 135–142.
26. Ивашов П.В. Опыт разработки и проведения биогеохимической экспертизы проектов хозяйственной деятельности // Современные проблемы состояния и эволюции таксонов биосферы. М.: ГЕОХИ РАН, 2017. С. 127–132. (Тр. Биогеохим. лаб.; т. 26).
27. Ивашов П.В. Опыт разработки теоретических основ биогеохимического метода поисков оловорудных месторождений применительно к южной части Дальнего Востока // Биогеохимия зоны гипергенеза. М.: Наука, 1971. С. 79–91.
28. Ивашов П.В. Основные задачи ландшафтно-геохимических исследований с целью разработки теоретических основ геохимических методов поисков рудных месторождений на территории юга Дальнего Востока // Геоморфологические, ландшафтные и биогеохимические исследования в Приамурье. М.: Наука, 1968. С. 187–195.
29. Ивашов П.В. Природные ландшафты и геохимические методы поисков рудных месторождений // Ландшафты юга Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1973. С. 3–26.
30. Ивашов П.В., Юрьев Д.Н. Способ биогеохимического определения загрязнения вод крупных рек в зимних условиях: а. с. № 1682924 СССР. Опубл. 07.10.1991, Бюл. № 37.
31. Ивашов П.В. Способ геохимических поисков оловорудных месторождений: а. с. № 1249614 СССР. Опубл. 10.08.1986, Бюл. № 29.
32. Ивашов П.В. Теоретические основы биогеохимического метода поисков рудных месторождений (применительно к территории Дальнего Востока). Новосибирск: Наука, 1976. 272 с.
33. Ивашов П.В., Кот Ф.С., Неудачин А.П., Неудачина И.И., Пан Л.Н., Сиротский С.Е., Шестеркин В.П., Юрьев Д.Н. Теоретические основы биогеохимической экспертизы окружающей среды. Владивосток; Хабаровск: Дальнаука, 1998. 157 с.
34. Ивашов П.В. Техногенез и окружающая среда // Геология и геофизика. 1988. № 10. С. 128–129.
35. Ивашов П.В. Топливная энергетика и «парниковый эффект» // География и природные ресурсы. 2006. № 3. С. 22–25.
36. Ивашов П.В., Сиротский С.Е. Тяжелые металлы в биообъектах пресноводных экосистем Японии // География и природные ресурсы. 1997. № 1. С. 175–180.
37. Ивашов П.В. Тяжелые металлы в макромицетах юга Дальнего Востока России // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2012. № 2. С. 96–99.
38. Ивашов П.В. Уровни содержания олова в растениях зоны хвойно-широколиственных лесов юга Дальнего Востока России // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2011. № 16 (135). С. 144–147.
39. Левшина С.И. Динамика органического вещества в водах Амура в районе крупных городов // География и природные ресурсы. 2005. № 4. С. 42–47.
40. Левшина С.И. Органическое вещество поверхностных вод бассейна Среднего и Нижнего Амура. Владивосток: Дальнаука, 2010. 145 с.
41. Левшина С.И. Распределение марганца в поверхностных водах Среднего и Нижнего Приамурья // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 21, № 4. С. 113–119.
42. Левшина С.И. Растворенное и взвешенное органическое вещество вод Амура и Сунгари // Водные ресурсы. 2008. Т. 35, № 6. С. 745–753.
43. Левшина С.И. Роль гумусовых кислот в миграции металлов в речных водах Приамурья // Водные ресурсы. 2015. Т. 42, № 6. С. 635–646.
44. Левшина С.И. Содержание и динамика органического вещества поверхностных вод бассейна р. Амур и его геоэкологическое значение (на примере Среднеамурской низменности): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2006. 22 с.
45. Сиротский С.Е., Ивашов П.В., Томинага Х. и др. Биогеохимическая оценка качества природных вод, используемых для водоснабжения г. Йокогама // Эколого-биогеохимические исследования на Дальнем Востоке. Вып. 1 (6). Владивосток: Дальнаука, 1996. С. 165–174.
46. Сиротский С.Е., Ивашов П.В. Биогеохимия пресноводных экосистем Японии // Биогеохимические и геоэкологические исследования природно-техногенных экосистем. Вып. 18. Владивосток: Дальнаука, 2009. С. 113–135.
47. Levshina S.I. An assessment of metal-humus complexes in river waters of the Upper Amur basin, Russia // Environmental Monitoring and Assessment. 2018. Vol. 190, N 1. P. 1–15.