

Полвека географических исследований и мониторинга в Сихотэ-Алинском биосферном районе (к 50-летию научной экспериментальной станции «Смычка»)

Юрий Петрович БАДЕНКОВ
Институт географии РАН, Москва, Россия
badenkov@igras.ru

Анатолий Николаевич КАЧУР
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия
kachur@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2150-1512>

Алексей Петрович КОПЦЕВ
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

Екатерина Петровна КУДРЯВЦЕВА
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия
katya@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4135-8300>

Владимир Маркович ШУЛЬКИН
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия
shulkin@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4610-2582>

Надежда Константиновна ХРИСТОФОРОВА
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия
Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
khristorova_nko@dvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9559-8660>

Аннотация. В результате многолетних исследований на Научной экспериментальной станции ТИГ ДВО РАН «Смычка» получен ряд существенных научных результатов, имеющих как фундаментальное, так и научно-прикладное значение. В частности, изучены геохимия и состояние разноранговых геосистем юга Дальнего Востока; установлены закономерности выноса элементов в окраинные моря Тихого океана; разработана программа комплексного геосистемного мониторинга для Сихотэ-Алинского биосферного района; проведены исследования по оценке эколого-геохимического состояния и загрязнения природной среды в основных горно-рудных районах Приморского и Хабаровского краев, получена принципиальная количественная модель воздействия пылегазовых выбросов предприятий горно-металлургического и горно-химического типов на геохимию и состояние разноранговых геосистем. Выполнены исследования по геохимии тяжелых металлов в прибрежно-морских экосистемах прилегающих акваторий, изучено содержание тяжелых металлов в массовых видах бентосных макроводорослей и моллюсков, обитающих на материковом и

островном мелководье периферийной зоны западной части Тихого океана в условиях различного антропогенного воздействия. На основе этого определено влияние факторов среды и особенностей организмов на накопление металлов и их распределение в тканях моллюсков и слоевищах водорослей. Исследован характер биоаккумуляции элементов и выявлены ассимилируемые организмами формы металлов. Обоснованы и систематизированы свойства организмов-индикаторов как интеграторов химического состояния морской среды. Составлен список морских организмов-индикаторов, рекомендуемых для осуществления контроля загрязненности среды тяжелыми металлами в разных климатических зонах западной Пацифики. В рамках работ по научному обоснованию геосистемного мониторинга Сихотэ-Алинского биосферного района, выполнявшихся в 1980–1990-х гг. по программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАБ ЮНЕСКО), проведены исследования по обоснованию, организации и ведению геосистемного мониторинга в зоне сотрудничества и ядре биосферного района. Впервые на данном стационаре проведены исследования для разработки программы устойчивого развития (природопользования) для районного уровня (1990–1993 гг.). Полученные результаты были положены в обоснование схемы развития района. Схема содержит разработанную систему экологических ограничений, формирующихся как под воздействием природных, так и антропогенных факторов.

Ключевые слова: научная станция, геохимия ландшафтов, тяжелые металлы, сухопутные и морские геосистемы, Сихотэ-Алинь, геосистемный мониторинг, биосферный район.

Для цитирования: Баденков Ю.П., Качур А.Н., Копцев А.П., Кудрявцева Е.П., Шулькин В.М., Христофорова Н.К. Полвека географических исследований и мониторинга в Сихотэ-Алинском биосферном районе (к 50-летию научной экспериментальной станции «Смычка») // Тихоокеанская география. 2022. № 4. С. 60–71. https://doi.org/10.35735/26870509_2022_12_6. EDN: GIEOAL.

Original article

Half a century of geographical research and monitoring in the Sikhote-Alin biosphere region (To the 50th anniversary of the Scientific Experimental Station “Smychka”)

Yuri P. BADENKOV
Institute of Geography Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Anatoli N. KACHUR
Pacific Institute of Geography of FEB RAS, Vladivostok, Russia

Alexey P. KOPTSEV
Pacific Institute of Geography of FEB RAS, Vladivostok, Russia

Ekaterina P. KUDRYAVCEVA
Pacific Institute of Geography of FEB RAS, Vladivostok, Russia

Vladimir M. SHULKIN
Pacific Institute of Geography of FEB RAS, Vladivostok, Russia

Nadezhda K. KHRISTOFOROVA
Pacific Institute of Geography of FEB RAS, Vladivostok, Russia
Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Abstract. As a result of many years of research at the Scientific Experimental Station of the PGI FEB RAS “Smychka”, the geochemistry and the state of geosystems of different ranks in the south

of the Far East were studied. Regularities in the elements flow to the marginal seas of the Pacific Ocean were explored. A program of integrated geosystem monitoring for the Sikhote-Alin biosphere region was developed. The ecological and geochemical state and pollution of the natural environment in the main mining regions of the Primorsky and Khabarovsk territories were assessed. A fundamental quantitative model of the impact of dust and gas emissions from mining and metallurgical and mining chemical enterprises on geochemistry and the state of geosystems of different ranks has been made. The studies have been carried out on the geochemistry of heavy metals in the coastal marine ecosystems of adjacent water areas, and on the content of heavy metals in the common species of macroalgae and mollusks living in the coastal waters of the Western Pacific under various anthropogenic impacts. Based on this, the influence of environmental factors and characteristics of organisms on the accumulation of metals and their distribution in the tissues of mollusks and algae was determined. The nature of the bioaccumulation of elements has been studied and the forms of metals assimilated by organisms have been elucidated. The properties of indicator organisms as integrators of the chemical state of the marine environment were substantiated and systematized. A list of marine indicator organisms recommended for monitoring environmental pollution with heavy metals in different climatic zones of the Western Pacific has been compiled. As part of the work on the scientific substantiation of geosystem monitoring of the Sikhote-Alin biosphere region, carried out in the 80-90s of the 20th century in the framework of the UNESCO program "Man and the Biosphere" (MAB UNESCO), the studies were carried out to organize and conduct geosystem monitoring in the biosphere region. For the first time, the research for working out of a program for sustainable development (nature management) at the municipal district level (1990-1993) was carried out at this station. The obtained results have been used in the substantiation of the district development scheme. It included the development of a system of environmental restrictions, which are formed under the influence of both natural and anthropogenic factors.

Keywords: landscape geochemistry, heavy metals, terrestrial and marine ecosystems, scientific station, Sikhote-Alin, geosystem monitoring, biospheric region.

For citation: Badenkov Yu.P., Kachur A.N., Koptsev A.P., Kudryavceva E.P., Shulkin V.M., Khristoforova N.K.. Half a century of geographical research and monitoring in the Sikhote-Alin biosphere region (To the 50th anniversary of the Scientific Experimental Station "Smychka"). *Pacific Geography*. 2022;(4):60-71. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2022_12_6.

Введение

Появление полевой научной станции в бассейне р. Тетюхе (современное название р. Рудная), там, где она впадает в Японское море, было предопределено временем, когда в начале 1970-х гг. проблемы окружающей среды оказались в центре внимания мирового сообщества и во многом послужили основанием для создания Тихоокеанского института географии ДВНЦ АН СССР.

Институт был создан в конце 1971 г., его стратегическими задачами и целью были заявлены: разработка методологических основ и методов комплексного изучения окружающей среды и воздействия на нее человека и разработка на этой основе географического прогноза.

В структуре института была создана лаборатория геохимии, исполняющим обязанности заведующего которой был назначен Ю.П. Баденков, кандидат геолого-минералогических наук, геолог-геохимик. В предшествующие этому назначению 10 лет он занимался разработкой новых методов поиска полиметаллических месторождений в Средней Азии. Конечно же, он был знаком с работами М.А. Глазовской и А.И. Перельмана в области геохимии ландшафта. Но его взгляды на проблемы окружающей среды и прогноз ее геохимических трансформаций формировались прежде всего на трудах В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана.

Все это и определило выбор объекта и региона исследований лаборатории геохимии, приоритетов ее развития на начальных этапах деятельности [1, 2]. Первая «разведочная» полевая поездка сотрудников на ГАЗ-469 состоялась уже в июне 1972 г. в п. Тетюхе, где находился известный всем геологам со студенческой скамьи один из крупнейших полиметаллических рудных узлов страны. В состав рекогносцировочной группы входили

к.г.н. Павел Валерьянович Елпатьевский (ученик М.А. Глазовской) и Герман Иосифович Шумов (геолог, выпускник МГРИ). Необходимо подчеркнуть особо, что они были абсолютно разными по характеру, темпераменту и базовому образованию – *волна и камень, лед и пламень* (по А.С. Пушкину). Порой это мешало работе, но иногда имело важное значение при принятии компромиссных решений и выборе согласованных действий.

Научная экспериментальная станция «Смычка»

Станция создавалась на берегу пресного оз. Васьковское, в хорошей транспортной доступности, а самое главное, это было место, где суша смыкается с морем (рис. 1–3). В подобных местах, на границе ландшафтов суши и прибрежных акваландшафтов (seascapes) моря, происходит смена миграционных циклов тяжелых металлов на принципиально иные процессы.

Важно было и то, что в 1978 г. Сихотэ-Алинский заповедник в числе 5 других заповедников СССР получил статус Биосферного резервата ЮНЕСКО и был включен во Всемирную сеть Биосферных резерватов. Это дало начало и Национальной программе Глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС), инициатором и руководителем которой был академик Ю.И. Израэль, возглавлявший тогда Гидрометеорологическую службу СССР. Академические институты активно включились в эту программу и появились партнерские консорциумы биосферных заповедников и академических стационаров, получивших в ряде случаев статус станций фоновый мониторинга. В этом контексте станция «Смычка» и стационар ТИГ в п. Хрустальный (п. Кавалерово) тесно сотрудничали с Сихотэ-Алинским биосферным резерватом и выполняли исследования по фоновому мониторингу тяжелых металлов. Тогда же была предложена концепция Сихотэ-Алинского биосферного района [3, 4], которая остается актуальной и по сей день.

С самого начала полевая станция «Смычка» притягивала сюда исследователей из других научных организаций и студентов из университетов. Здесь в середине 1970-х действовал стационар географического факультета МГУ по изучению береговых процессов и палеогеографии, и мы помним проф. Е.И. Игнатова, который будучи тогда молодым исследователем, внес неоценимый вклад в изучение береговой зоны Сихотэ-Алинского биосферного района.



Рис. 1. Эстуарий р. Рудная. Фото А. Шпатак

Fig. 1. Estuary of Rudnaya River. Photo by A. Shpatak



Рис. 2. НЭС «Смычка»

Fig. 2. SES "Smichka"



Рис. 3. Открытие Научно-экспериментальной станции «Смычка» (размещение вывески)

Fig. 3. Opening of the Scientific Experimental Station "Smychka" (installation of a sign)

Сотрудничество двух полевых станций было тесным и взаимодополняющим. Это отметил академик И.П. Герасимов, директор Института географии АН СССР, когда в 1978 г. накануне Конгресса Тихоокеанской научной ассоциации в г. Хабаровск принял участие в полевом семинаре на ст. «Смычка».

Полевая станция «Смычка» с самого начала была и остается местом практики студентов из многих университетов страны, прежде всего из Дальневосточного и Московского. Полагаем, что через нее прошли сотни студентов, многие из которых впоследствии стали известными учеными, кандидатами наук и докторами наук.

С 1975 г. бессменным руководителем станции является Алексей Петрович Копцев. Он взял на себя ответственность и весь груз работ по строительству, охране и развитию станции. Почти 50 лет жизни, целиком отданные интересам сохранения и развития станции «Смычка», это достойный пример служения делу и преданности интересам науки в условиях тотальных перемен, неопределенностей и трудностей.

В настоящее время станция имеет два лабораторных корпуса, 8 жилых домов для размещения до 50 научных сотрудников, в т.ч. 20 в круглогодичном варианте, для проведения исследований имеется необходимый комплекс инфраструктурного обеспечения. НЭС «Смычка» на момент создания была укомплектована современными на то время комплексными химико-аналитическими лабораториями производства Венгрии, Германии и СССР.

Исследования эколого-геохимического состояния разноранговых геосистем как основы геосистемного мониторинга. В результате многолетних комплексных исследований на НЭС «Смычка» на основе системного подхода получены следующие важные результаты:

- изучена геохимия и состояние разноранговых геосистем юга Дальнего Востока; установлены закономерности выноса элементов в окраинные моря Тихого океана; разработана программа комплексного геосистемного мониторинга для Сихотэ-Алинского биосферного района [1, 5–7];
- выполнены исследования по оценке эколого-геохимического состояния и загрязнения природной среды в основных горно-рудных районах Приморского и Хабаровского краев, получена принципиальная количественная модель воздействия пылегазовых выбросов предприятий горно-металлургического и горно-химического типов на геохимию и состояние различных ландшафтов [2, 5–15];
- установлены модули аэротехногенного давления на ландшафты, степень аккумуляции поллютантов в основных компонентах ландшафта; показано, что изменение состава и геохимии входного аэрального потока вещества ведет к трансформации функционирования геосистемы и негативной перестройке ее структуры [15–17];
- в рамках исследований по программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАБ ЮНЕСКО), выполнявшихся в 1980–1990-х гг., проведены работы по обоснованию, организации и ведению геосистемного мониторинга Сихотэ-Алинского биосферного района в зоне сотрудничества и его ядре [3, 4, 6, 18, 19].

Цели и задачи мониторинга определили основные критерии выбора объектов наблюдения, частоты и времени наблюдений, территориального размещения их пунктов.

1. Критерий чувствительности. Оперативный прогноз и оперативное управление возможно лишь в том случае, если слежение будет достаточно чувствительно к изменению

окружающей среды, т.е. в ходе слежения должны фиксироваться даже незначительные изменения наблюдаемых переменных.

2. Критерий селективности. Задачи прогноза и управления определяют необходимость селективного слежения, т.е. его система должна обеспечить не только общую оценку изменения среды, но и выявить конкретные ее причины и факторы.

3. Критерий репрезентативности. Результаты прогноза и выработки стратегии управления должны быть приемлемы для достаточно большой территории, что требует репрезентативности результатов слежения.

4. Критерий экономической эффективности. Вся организация мониторинга должна быть такой, чтобы при минимуме наблюдений и при их минимальной стоимости обеспечить полное выполнение трех первых условий.

Изложенные критерии были положены в основу выбора методов исследований. Поскольку основная опасность нежелательных изменений состояния биосферы связывается с глобальными климатическими изменениями, а также региональным и локальным техногенным воздействиями, прежде всего с изменением газового состава атмосферы, главное внимание уделялось оценке реакций экосистем и их компонентов на изменения климата и загрязнения продуктами техногенеза [20]. Исходя из основной задачи мониторинга – максимально раннего предупреждения последствий воздействий – применялись наиболее чувствительные методы наблюдения, что потребовало в том числе использования разнообразных элементов-индикаторов (в первую очередь биоиндикаторов состояния среды) [21–24].

В список задач входили выяснение генезиса геосистем (выявление унаследованных реликтовых состояний ее компонентов), получение четкого представления об изменениях окружающей среды, отдельных ее компонентов и в конечном счете – разработка сценариев развития геосистем в будущем. При этом главное внимание было направлено на изучение текущего состояния геосистемы, хозяйственной деятельности в биосферном районе и собственно заповеднике, выявление элементарных процессов в окружающей среде, типов хозяйственного использования [25].

В качестве основного макрообъекта при организации режимных наблюдений был принят бассейн первого порядка с набором основных экосистем. Такой подход позволил изучить общие реакции пространственно-связанной совокупности их элементов на внешние возмущения, углубить и расширить наблюдения. Детальные исследования такого профиля главным образом велись в Кавалеровском районе на модельных бассейнах (под руководством д.г.н. Ю.Г. Пузаченко) [6, 26–29].

Особенно интенсивными и необычайно интересными были подобные исследования 1972–1990 гг. Изучалась экология доминантов древесного яруса в прибрежной и континентальной части района исследований. На протяжении многих лет проводились фенологические наблюдения по профилю п. Хрустальный – п. Смычка от континентальной части до морского побережья. На территории Дальнегорского района у мыса Китовое Ребро было выявлено редкое растительное сообщество – еловый лес с высоким участием тиса, объявленный в 1985 г. памятником природы [27]. Исследовались особенности сукцессий в поясе еловых лесов после пожаров, влияние низовых пожаров на состояние лишайников в поясе дубовых лесов [30].

Оценено изменение лесного фонда на территории Кавалеровского, Дальнегорского и Тернейского районов за 1910–1963 гг. [31]. Итоги работы института и его двух стационаров за 10 лет были подведены Ю.Г. Пузаченко [32]. Собранные на территории Дальнегорского района материалы по растительности вошли в базу данных по оценке пространственно-временной структуры экосистем Дальневосточного региона [28].

В пределах бассейнов комплексные наблюдения организовывались в типичных пространственно сопряженных сериях гидро-лито-геохимического ряда экосистем (катен), включая аквальные ландшафты.

Организация комплексных наблюдений за избранными объектами мониторинга является узловой проблемой всех исследований, что определило широкое использование методов дистанционного зондирования, когда объектами наблюдений являются в конечном итоге отдельные характеристики элементов экосистем и процессов.

Исследования в прибрежных водах Японского моря были составной частью работ, выполнявшихся по программам НИР на базе НЭС «Смычка» [1, 33–35], они включали наблюдения в прибрежной части Японского моря за следующими компонентами и процессами:

- геохимическими параметрами прибрежных вод и донных отложений;
- биотическими компонентами (биоиндикаторами состояния морской среды);
- биогеохимическими процессами в зоне смешения пресных и морских вод.

Изменения свойств этих процессов требуют различных сроков, выявляются разными методами, но все они, как правило, взаимосвязаны, и лишь их комбинация позволяет получить интегральные показатели изменения геосистем.

Во время исследований в специфической зоне предстояло решить комплекс следующих задач.

1. Выявить особенности формирования донных отложений в бухтах района исследований, в т.ч. изучить процессы накопления элементов загрязнителей в прибрежных акваториях, включая зоны смешения речных и морских вод, в фоновых условиях и в условиях выноса продуктов загрязнения с речным стоком.

2. Изучить содержание тяжелых металлов в массовых видах бентосных макроводорослей и моллюсков, обитающих на материковом и островном мелководье периферийной зоны западной части Тихого океана в условиях различного антропогенного воздействия. На основе этого определить влияние факторов среды и особенностей организмов на накопление металлов и их распределение в тканях моллюсков и слоевищах водорослей. Исследовать характер биоаккумуляции элементов и выяснить ассимилируемые организмами формы металлов.

3. Сравнить концентрации металлов в индикаторных организмах и систематически близких видах из прибрежных вод Атлантики и Пацифики и охарактеризовать химико-экологические условия в отдельных регионах и морских акваториях Северного полушария и западной периферии Тихого океана.

4. Обосновать и систематизировать свойства организмов-индикаторов как интеграторов химического состояния морской среды. Составить список морских организмов-индикаторов, рекомендуемых для осуществления контроля загрязненности среды тяжелыми металлами в разных климатических зонах западной Пацифики.

5. Выявить специализацию разных видов водорослей в концентрировании определенных металлов, которая связана как с физико-химическим состоянием элементов в воде, так и с биосорбционными свойствами макрофитов.

6. На основе сравнения содержания тяжелых металлов в фукусах Атлантики и Пацифики определить степень загрязненности прибрежных вод отдельных районов Северного полушария и охарактеризовать региональную фоновую и импактную ситуации в среде.

На стационаре «Смычка» в 1990–1993 гг. впервые были проведены исследования для разработки программы устойчивого развития (природопользования) для районного уровня [36]. Полученные результаты были положены в обоснование схемы развития Дальнегорского района. В ее составе проведена разработка системы экологических ограничений, формирующихся как под воздействием природных, так и антропогенных факторов. Разработана концепция и обоснован вариант оптимальной территориальной организации социально-производственного комплекса долины р. Рудная, экономически эффективный и экологически приемлемый. Этот рациональный вариант для Дальнегорского района (в пределах долины р. Рудная) был разработан с учетом экологических и некоторых других ограничений (схема перспективного расселения и использования земель). Полученные

результаты были положены в обоснование схемы развития ряда других муниципальных образований юга Дальнего Востока РФ.

В рамках данной работы также была изучена медико-экологическая ситуация в районе, в том числе медико-генетические аспекты, структура заболеваемости, проведено расширенное обследование всех жителей, относящихся к группам риска, и разработаны методы медико-социальной реабилитации. Совместно со специалистами ТИБОХ ДВО РАН проведен комплекс мероприятий, включая использование специальных пищевых добавок, направленных на оздоровление населения Дальнегорского района, опыт этих работ был позднее тиражирован для ряда районов горно-рудной деятельности в пределах Дальнего Востока.

После 2000-х гг. научно-исследовательские работы выполнялись в рамках программ Президиума РАН и Президиума ДВО РАН, в т.ч. Программы Президиума РАН «Природная среда России: адаптивные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики»¹; Программ Отделения наук о Земле РАН «Географические основы устойчивого развития Российской Федерации и ее регионов»² и «Вода и водные ресурсы: системообразующие функции в природе и экономике» (2012–2014 гг.)³.

Среди других основных результатов исследований на базе НЭС «Смычка» следует отметить:

- оценена многолетняя динамика изменения геохимических характеристик стока р. Рудная и концентрации металлов-загрязнителей в компонентах прибрежно-морских экосистем, а также динамика и масштабы аэрального переноса металлов по изменению их концентрации в колонках донных отложений оз. Васьковское;

- впервые получена информация о трансграничном атмосферном переносе загрязняющих веществ и их выпадении на территории Среднего Сихотэ-Алиня (совместно с ДВНИИ Госкомгидромета);

- определена история развития геосистем района в течение голоцена, выявлен ряд последовательностей смен растительного покрова в зависимости от изменения климата и изменений верхней границы леса, определены сценарии развития геосистем в будущем;

- на фоне глобальных изменений природной среды оценена тенденция более коротко-периодных изменений климата;

- проведена инвентаризация современного состояния геосистем, процессов их определяющих, в том числе и по отдельным компонентам:

- а) изучены склоновые процессы и проведено районирование территории по интенсивности проявления экзогенных рельефообразующих процессов;

- б) выявлены особенности динамики современного растительного покрова на основе построения в картографической интерпретации в среднем масштабе эмпирической модели лесной растительности Среднего Сихоте-Алиня;

- в) разработаны методы мониторинга состояния экосистем по орнитофауне и почвенным беспозвоночным;

¹ Проект «Основные тенденции изменения природной среды Дальнего Востока России в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики в Северо-Восточной Азии».

² «Географические основы устойчивого развития прибрежно-морских зон российского Дальнего Востока»; «Географические факторы и ограничения устойчивого развития Дальнего Востока Российской Федерации»; «Климатические факторы, определяющие интенсивность трансграничного атмосферного переноса загрязняющих веществ и их влияние на устойчивость развития юга Дальневосточного региона России»; «Современные геоморфологические процессы и системы урбанизированных территорий российского Дальнего Востока: оценка активности процессов и устойчивости геоморфологических систем, вероятности опасных геоморфологических событий, прогноз развития»; «Экспериментальные исследования процессов формирования паводочного и межженного стока рек в зоне муссонного климата».

³ «Оценка качества водных ресурсов юга Дальнего Востока по комплексу гидрохимических, биогеохимических и гидробиологических индикаторов, отражающих изменение природно-климатических и антропогенных факторов, включая трансграничные».

- г) детально изучены современные климатические условия района и процессы, определяющие условия переноса и накопления загрязнителей;
- д) определен возможный вклад крупных региональных источников загрязнения через дальний тропосферный перенос;
- е) установлены фоновые геохимические характеристики геосистем и определена степень современного воздействия локальных местных источников;
- ж) проведен анализ современной хозяйственной деятельности и степени ее воздействия на природную среду», а также определены перспективы дальнейшего промышленного развития;
- з) разработана методика комплексного мониторинга в прибрежно-морской акватории района, выявлены виды – биоиндикаторы состояния среды;
- и) на основании полученных результатов сделаны методические выводы по организации геосистемного мониторинга в Сихотэ-Алинском биосферном районе, а также обоснование территориальной сети биосферных пикетов.

Заключение

С 1970-х гг. НЭС «Смычка» является центром академических и вузовских исследований в Среднем Сихотэ-Алинском районе. На стационаре НЭС «Смычка» проводили и проводят в настоящее время исследования коллеги институтов ДВО РАН, географического и почвенного факультетов МГУ (Москва), ДВФУ (Владивосток), других институтов России, а также зарубежные ученые из США, Китая, Японии, Болгарии и других стран. Стационар используется для учебных и производственных практик, прежде всего студентов ДВФУ, а также иных учебных заведений Дальнего Востока, Сибири и европейской части РФ. В середине 1990-х гг. здесь проходили практику студенты нескольких университетов США.

Исследования на НЭС «Смычка», как и на других стационарах ТИГ ДВО РАН, были сконцентрированы в первую очередь на оценке влияния глобальных климатических и социально-экономических процессов на функционирование геосистем региона, в случае НЭС – в условиях горного и прибрежно-морских типов геосистем. Результаты исследований опубликованы в монографиях, а также более чем в 400 российских и зарубежных публикациях.

С учетом полученных результатов и стоящих перед институтом задач исследования на НЭС «Смычка» ТИГ ДВО РАН будут сконцентрированы на оценке влияния глобальных климатических и социально-экономических процессов на формирование устойчивого природопользования в условиях горного и прибрежно-морских типов геосистем.

В рамках работ по научному сопровождению геосистемного мониторинга Сихотэ-Алинского биосферного района будут продолжены исследования по обоснованию, организации и ведению геосистемного мониторинга в зоне сотрудничества и ядре биосферного района. Эти работы будут базироваться прежде всего на данных, полученных по вышеназванным проектам в рамках Программ РАН и ДВО РАН.

Литература

1. Баденков Ю.П. Задачи геохимии в изучении процессов воздействия обществ на окружающую среду // Геохимия зоны гипергенеза и техническая деятельность человека / отв. ред. Ю.П. Баденков. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 3–16.
2. Баденков Ю.П., Пузаченко Ю.Г. Принципы организации региональных биосферных станций (из опыта работы Сихотэ-Алинского стационара) // Сихотэ-Алинский биосферный район. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 6–18.
3. Сихотэ-Алинский биосферный район: принципы и методы экологического мониторинга / отв. ред. А.М. Ивлев, Ю.П. Баденков. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. 139 с.

4. Сихотэ-Алинский биосферный район: фоновое состояние природных компонентов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. 125 с.
5. Шулькин В.М., Коженкова С.И., Чернова Е.Н., Христофорова Н.К. Металлы в различных компонентах прибрежно-морских экосистем Сихотэ-Алинского биосферного района // Геоэкология. 2003. № 4. С. 318–327.
6. Kachur A.N. Scientific researches in the Station "Smichka" // The 7-th meeting of UNESCO-MAB East Asian Biosphere Network. Capacity Building for Sustainable Management of East Asia Biosphere Reserves. Editors Bolshakov V., Baklanov P., Kachur A. and others. UNESCO, Vladovostok: DalNauka, 2002. P. 46–48.
7. Von Braun M.C., Von Lindern I.H., Khristoforova N.K., Kachur A.H., Elpatyevsky P.V., Elpatyevskaya V.P., Spalinger S.M. Environmental lead contamination in the Rudnaya Pristan-Dalnegorsk mining and smelter district, Russian Far East // Environmental Research. Section A. 2002. Vol. 88. P. 164–173.
8. Елпатьевский П.В. Химический состав снеговых вод и его изменение техногенными факторами // Геохимия зоны гипергенеза и техническая деятельность человека. Владивосток. ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 48–56.
9. Елпатьевский П.В., Аржанова В.С. Поглощение химических элементов древесной растительностью в различных эколого-геохимических условиях // География и природные ресурсы. 1985. № 3. С. 117–125.
10. Елпатьевский П.В., Аржанова В.С., Кравцова В.М., Толстова Л.М. Геохимическая дендрохронология фоновых и импортных эколого-геохимических условий // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 4. Л.: Гидрометеиздат, 1987. С. 327–341.
11. Елпатьевский П.В., Нестеров В.Н. Химический состав атмосферных осадков Сихотэ-Алинского биосферного заповедника как показатель фоновых характеристик атмосферы // Прикладные аспекты программы «Человек и биосфера». М.: Изд. Советского комитета по программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера», 1983. С. 196–212.
12. Елпатьевский П.В., Филатова Л.Д. Почвенная фауна в аномальных эколого-геохимических условиях // География и природные ресурсы. 1988. № 1. С. 92–97.
13. Шулькин В.М., Чернова Е.Н., Христофорова Н.К., Коженкова С.И. Влияние горнорудной деятельности на изменение химического состава компонентов водных экосистем // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, Геоэкология. 2014, № 6. С. 483–494.
14. Kachur A.N., Arzhanova V.S., Elpatyevsky P.V., Margrit C. von Braun., Ian H. von Lindern. Environmental conditions in the Rudnaya River watershed – a compilation of Soviet and post-Soviet era sampling around a lead smelter in the Russian Far East // The Sciences of The Total Environment. 2003. Vol. 303, iss. 1–2. P. 171–185.
15. Качур А.Н. Некоторые особенности химического состава атмосферных осадков в связи с техногенезом // Геохимия зоны гипергенеза и техническая деятельность человека. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 28–47.
16. Аржанова В.С., Елпатьевский П.В. Геохимия ландшафтов и техногенез. М.: Наука, 1990. 198 с.
17. Кондратьев И.И., Качур А.Н. Роль орографических и климатических факторов в формировании химического состава снежного покрова Сихотэ-Алинского биосферного региона // География и природные ресурсы. 2004. № 1. С. 112–117.
18. Пузаченко Ю.Г. Динамика биоценозов в районе Сихотэ-Алинского биосферного заповедника // Биосферные заповедники: труды II советско-американского симпозиума. США, Флорида, национальный парк Эверглейдс, 10–15 марта 1980. Л.: Гидрометеиздат, 1982. С. 60–85.
19. Сихотэ-Алинский биосферный район: производственно-природные отношения. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. 140 с.
20. Kachur A.N., Kondratyev I.I. Variability of a chemical composition of the snow covers in a background areas of Sikhote-Alin as an index of the trans-boundary transfer of contamination // Report on Amur-Okhotsk Project. N 2, Research Institute for Humanity and Nature. Kyoto, Japan, December 2004. P. 117–130.
21. Баденкова С.В., Княжева Л.А., Кононова И.Ф. Опыт лишеноиндикации загрязнения ландшафтов восточного Сихотэ-Алия // Сихотэ-Алинский биосферный район: принципы и методы экологического мониторинга. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 128–135.
22. Белая С.А., Христофорова Н.К., Кобзарь А.Д. Химико-экологическая характеристика водотоков и водоемов Сихотэ-Алинского биосферного заповедника // Проблемы региональной экологии. 2012. № 4. С. 47–54.
23. Кудрявцева Е.П., Скирина И.Ф. О влиянии пирогенного фактора на флору эпифитных лишайников дубовых лесов Сихотэ-Алинского биосферного района // География и природные ресурсы. 1988. № 2. С. 176–178.
24. Христофорова Н.К. Биоиндикация и биомониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192 с.
25. Kachur A. Environmental condition in the Rudnaya River Watershed in the Russian Far East // LOICS Reports & Studies, N 26, Texel, The Netherlands, 2002. P. 159–163.
26. Киселев А.Н. Прогнозное биогеографическое картографирование М.: Наука, 1985. 104 с.
27. Киселев А.Н. Географические аспекты оценки биоразнообразия. Владивосток: Дальнаука, 1997. 62 с.
28. Киселев А.Н. Пространственно-временная структура экосистем Дальневосточного региона. Владивосток: Дальнаука, 2002. 304 с.
29. Кудрявцева Е.П., Базарова В.Б., Ляцевская М.С., Мохова Л.М. Амброзия полыннолистная: современное распространение, структура сообществ и присутствие в голоценовых отложениях Приморского края (юг Даль-

него Востока России) // Комаровские чтения. Вып. 66. Владивосток: ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, 2018. С. 125–146.

30. Кудрявцева Е.П. Вторичные сукцессии в высокогорных ельниках Среднего Сихотэ-Алиня // Структурная организация компонентов биогеосистем (сравнительный и количественный анализ). Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. С. 56–66.

31. Петропавловский Б.С. Антропогенное изменение структуры лесного фонда восточного макросклона Среднего Сихотэ-Алиня // Ботанические исследования на Дальнем Востоке: труды Биолого-почвенного института. Т. 51 (154). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 116–119.

32. Пузаченко Ю.Г., Скулкин В.С. Структура растительности лесной зоны СССР. М.: Наука, 1981. 274 с.

33. Шулькин В.М. Техногенные и природные факторы, контролирующие состав донных отложений оз. Васьяковское, восточный Сихотэ-Алинь // Тихоокеанская география. 2021. № 2. С. 65–73.

34. Христофорова Н.К., Кобзарь А.Д. Мониторинг загрязнения бухты Рудной (Японское море) по содержанию металлов в бурых водорослях // Биология моря. 2019. № 2. С. 1–8.

35. Shulkin V.M. Pollution of the coastal bottom sediments at the Middle Primorie (Russia) due to mining activity // Environmental Pollution. 1998. Vol. 101. P. 401–404.

36. Сихотэ-Алинский биосферный район: производственно-природные отношения. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. 140 с.

References

1. Badenkov, Yu.P. The tasks of geochemistry in the study of the processes of the impact of societies on the environment. In *Geochemistry of the hypergenesis zone and technical human activity*. Ed. Badenkov Yu.P. Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok, 1976, 3–16. (In Russian)

2. Badenkov, Yu.P.; Puzachenko, Yu.G. Principles of organizing regional biospheric stations (from the experience of the Sikhote-Alin station). In *Sikhote-Alin biospheric region*. Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok, 1981. pp. 6-18. (In Russian).

3. Sikhote-Alin biospheric region: principles and methods of ecological monitoring / Ed. Ivlev A.M, Badenkov Yu.P. Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok, 1981; 139 p. (In Russian)

4. Sikhote-Alin biosphere region: Background state of natural components. Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok, 1978; 125 p. (In Russian)

5. Shulkin, V.M.; Kozhenkova, S.I.; Chernova, E.N.; Khristoforova, N.K. Metals in various components of the coastal marine ecosystems of the Sikhote-Alin biosphere region. *Geoecology*. 2003, 4, 318-327. (In Russian)

6. Kachur, A.N. Scientific researches in the Station “Smichka”. In *The 7-th meeting of UNESCO-MAB East Asian Biosphere Network. Capacity Building for Sustainable Management of East Asia Biosphere Reserves*. Editors Bolshakov V., Baklanov P., Kachur A. and others. UNESCO. Dalnauka: Vladivostok, 2002, 46-48. (In Russian)

7. Von Braun, M.C.; Von Lindern, I.H.; Khristoforova, N.K.; Kachur, A.H.; Elpatyevsky, P.V.; Elpatyevskaya, V.P.; Spalinger, S.M. Environmental lead contamination in the Rudnaya Pristan-Dalnegorsk mining and smelter district, Russian Far East. *Environmental Research. Section A*. 2002, 88, 164-173.

8. Elpatyevsky, P.V. The chemical composition of snow waters and its change by technogenic factors. In *Geochemistry of the hypergenesis zone and human technical activity*. Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok, 1976, 48-56. (In Russian)

9. Elpatyevsky, P.V.; Arzhanova, V.S. Absorption of chemical elements by woody vegetation in various ecological and geochemical conditions. *Geography and natural resources*. 1985, 3, 117-125. (In Russian)

10. Elpatyevsky, P.V.; Arzhanova, V.S.; Kravstova, V.M.; Tolstova, L.M. Geochemical dendrochronology at the background and impact conditions. In *Monitoring of the background environmental contamination*. Vol. 4. Hydrometeoizdat: Leningrad, 1987, 327-341. (In Russian)

11. Elpatyevsky, P.V.; Nesterov, V.N. Chemical composition of the atmospheric deposition within Sikhote-Alin reserve as an indicator of background atmospheric conditions. In *Applied aspects of the “Man and Biosphere” Program*. Russian Committee on the UNESCO program “Man and Biosphere”: Moscow, 1983, 196-212. (In Russian)

12. Elpatyevsky, P.V.; Filatova, L.D. Soil infauna at the anomaly ecological and geochemical conditions. *Geography and natural resources*. 1988, 1, 92-97. (In Russian)

13. Shulkin, V.M.; Chernova, E.N.; Khristoforova, N.K.; Kozhenkova, S.I. Influence of mining activity on the chemical composition of water ecosystems. *Geoecology*. 2014, 6, 483–494. (In Russian)

14. Kachur, A.N.; Arzhanova, V.S.; Elpatyevsky, P.V.; Margrit C. von Braun.; Ian H., Von Lindern. Environmental conditions in the Rudnaya River watershed – a compilation of Soviet and post-Soviet era sampling around a lead smelter in the Russian Far East. *The Sciences of The Total Environment*. 2003, 303(1-2), 171-185.

15. Kachur, A.N. Some features of the chemical composition of atmospheric depositions due to anthropogenic influence. In *Geochemistry of landscapes and technogenic activity*. Ed. Badenkov Yu.P. Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok, 1976, 28-47. (In Russian)

16. Arzhanova, V.S.; Elpatyevsky, P.V. Geochemistry of landscapes and technogenez. Nauka: Moscow, 1990; 198 p. (In Russian).

17. Kondratyev, I.I.; Kachur, A.N. The role of orographic and climatic factors in the snow cover formatting within Sikhote-Alin area. *Geography and natural resources*. 2004, 1, 112-117. (In Russian)
18. Puzachenko, Yu.G. Dynamic of biocenosis within Sikhote-Alin biosphere reserve. In *Biosphere Reserves. Proceedings of 2nd USSP-USA symposium*. USA, Florida, Everglades, 10-15 March, 1980. Hydrometeoizdat: Leningrad, 1980, 60-85. (In Russian)
19. Sikhote-Alin biosphere area: nature-industry relationship. Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok, 1991; 140 p. (In Russian)
20. Kachur, A.N.; Kondratyev, I.I. Variability of a chemical composition of snow covers in background areas of Sikhote-Alin as an index of the trans-boundary transfer of contamination. In *Report on Amur-Okhotsk Project. № 2*. Research Institute for Humanity and Nature. Kyoto, Japan, December 2004, 117-130.
21. Badenkova, S.V.; Kniazheva, L.A.; Kononova, I.F. Lihenoindication of the landscape contamination within eastern Sikhote-Alin. In *Sikhote-Alin biosphere area: principles and methods of the ecological monitoring*. Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok, 1981, 128-135. (In Russian)
22. Belaya, S.A.; Khristoforova, N.K.; Kobzar, A.D. Chemical-ecological characteristic of the streams and lakes within Sikhote-Alin biosphere reserve. *Problems of the regional ecology*. 2012, 4, 47-54. (In Russian)
23. Kudryavtceva, E.P.; Skirina, I.F. On the influence of the pyrogenic factor on the epiphyte lichens from the oak forests of the Sikhote-Alin biosphere area. *Geography and natural resources*. 1988, 2, 176-178. (In Russian)
24. Khristoforova, N.K. Bioindication and biomonitoring of the pollution of sea waters by heavy metals. Nauka: Leningrad, Russia, 1989; 192 p. (In Russian)
25. Kachur A. Environmental condition in the Rudnaya River Watershed in the Russian Far East. In *LOICS Reports & Studies*, Texel: The Netherlands, 2002, 26, 159-163.
26. Kiselyov, A.N. Prognostic biogeographical mapping. Nauka: Moscow, Russia, 1985; 104 p. (In Russian)
27. Kiselyov, A.N. Geographical aspects at the assessment of the biodiversity. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 1997; 62 p. (In Russian)
28. Kiselyov, A.N. Spatial temporal structure of the ecosystems of Russian Far East region. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2002; 304 p. (In Russian)
29. Kudryavtceva, E.P.; Bazarova, V.B.; Lyashchevskaya, M.C.; Mokhova, L.M. Ambrosia artemisiifolia: current distribution, population structure, and abundance in the Holocene depositions within Primorye region (south of Russian Far East). In *Komarov's reading*. Vol. 66. Biodiversity FSC FEBRAS: Vladivostok, Russia, 2018, 125-146. (In Russian)
30. Kudryavtceva, E.P. Secondary successions in the highland spruce forests of the middle Sikhote-Alin. In *Structure of the biogeosystems (comparative and quantitative analysis)*. Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok, 1988, 56-66. (In Russian)
31. Petropavlovsky, B.S. Anthropogenic change in the structure of the forest fund of the eastern macro slope of Middle Sikhote-Alin. In *Botanical research in the Russian Far East*. Proceedings of the Biology and Soil Institute of the Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, 1978, 51(154), 116-119. (In Russian)
32. Puzachenko, Yu.G.; Skulkin, V.S. Structure of the vegetation in forest zone of the USSR. Nauka: Moscow, 1981; 274 p. (In Russian)
33. Shulkin, V.M. Anthropogenic and natural factors controlling composition of the bottom sediments of Vaskovskoe Lake, eastern Sikhote-Alin. *Pacific Geography*, 2021, 2, 65-73. (In Russian)
34. Khristoforova, N.K.; Kobzar, A.D. Monitoring of the contamination of Rudnaya Bight (Sea of Japan) by heavy metals content in the brown seaweeds. *Russian J. of Mar. Biology*. 2019, 2, 1-8. (In Russian)
35. Shulkin, V.M. Pollution of the coastal bottom sediments at Middle Primorye (Russia) due to mining activity. *Environmental Pollution*. 1998, 101, 401-404.
36. Sikhote-Alin biosphere area: relationships between human activities and nature. Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok, Russia, 1991; 140 p. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 08.09.2022; одобрена после рецензирования 02.11.2022; принята к публикации 14.11.2022.

The article was submitted 08.09.2022; approved after reviewing 02.11.2022; accepted for publication 14.11.2022.

