



БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 502.175 (571.5)

А.И. Гаврилюк, Т.А. Ананьева

ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ АСПЕКТОВ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ЛАНДШАФТА ПРИЕНИСЕЙСКОЙ ТУНДРЫ В РАМКАХ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

A.I. Gavriluk, T.A. Ananyeva

THE STUDY OF SOME ASPECTS OF THE GEOCHEMICAL ENVIRONMENT OF THE LANDSCAPE OF THE YENISEY TUNDRA AS THE EVALUATION OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

Гаврилюк А.И. – вед. эколог отдела экологического мониторинга и оценки воздействия на окружающую среду Красноярского научно-исследовательского института геологии и минерального сырья; асп. каф. географии и методики обучения географии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск. E-mail: svip1@mail.ru

Ананьева Т.А. – канд. геол.-минерал. наук, доц. каф. географии и методики обучения географии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск. E-mail: tananeva@mail.ru

Gavriluk A.I. – Leading Ecologist, Department of Environmental Monitoring and Assessment of Impact on Environment, Krasnoyarsk Research Institute of Geology and Mineral Raw Materials; Post-Graduate Student, Chair of Geography and Methods of Teaching of Geography, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk. E-mail: svip1@mail.ru

Ananyeva T.A. – Cand. Geol. and Mineral Sci., Assoc. Prof., Chair of Geography and Methods of Teaching of Geography, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk. E-mail: tananeva@mail.ru

Изучение геохимической обстановки является одним из ключевых моментов общей картины экологической устойчивости ландшафта. Цель работы: изучение фоновых геохимических показателей типично-тундровых ландшафтов Приенисейской Сибири как составной части геосистемного подхода в вопросе исследования экологического потенциала территории. Задачи работы: проведение полевых исследований с отбором проб из различных сред геосистемы, химико-аналитическое исследование полученных образцов, камеральная обработка и интерпретация данных. Полевые, лабораторные и камеральные работы проводились в рамках фонового мониторинга окружающей среды на

Байкаловском месторождении, Байкаловском, Песчаном, Иркинском, Муксунихском, Приозёрном нефтегазовых лицензионных участках. Представлены результаты полевых, химико-аналитических и камеральных работ по изучению геохимического фона окружающей среды в пределах исследуемой территории нефтегазовых участков. Установлен локальный фон по почвенному покрову, растительности и воде. Определены коэффициент биологического поглощения и коэффициент миграции элементов в системе «почва – донные отложения». Рассмотрены некоторые особенности пространственного формирования геохимических аномалий в окружающей среде. Полученные результаты войдут в общий цикл ис-

следований по оценке экологического потенциала типичных тундровых ландшафтов Приенисейской Сибири.

Ключевые слова: геохимический фон, мониторинг окружающей среды, коэффициент биологического поглощения.

Studying of geochemical situation is one of the key moments of an overall picture of ecological stability of a landscape. The purpose of the study is investigating the background of geochemical indicators of typical tundra landscapes in the Yenisey Siberia as a part of the geosystem approach for the issue of studying the environmental potential of the area. The results of the field, chemical-analytical and office studies of ambient geochemical background within the reviewed area of petroliferous site are summarized. The work tasks were field studies with collection of samples from different geosystem media, chemical and analytical studies of the specimens received, desktop processing and interpretation of data. Field, laboratory and cameral works were carried out within background monitoring of environment on the Baikal field, Baikal, Sandy, Irkinsky, Muksunikhsky, Priozyorny, oil and gas license sites. The results of field, chemical analysis and cameral works on studying of geochemical background of environment within the studied territory of oil-and-gas sites are presented. The local background on a soil cover, vegetation and water was established. The coefficient of biological absorption and coefficient of migration of elements in system 'the soil – ground deposits' was defined. Some features of spatial formation of geochemical anomalies in environment were considered. The received results will be included into the general cycle of researches on an assessment of ecological potential of typical tundra landscapes of the Yenisey Siberia.

Keywords: *geochemical background, environmental monitoring, coefficient of biological absorption.*

Введение. В основу геоэкологической оценки территории положен геосистемный принцип, т.е. представление исследуемой территории как упорядоченной совокупности систем, выраженной в виде физико-географического или инженерно-геологического районирования. Необходимость геосистемного подхода диктуется не

только свойствами систем как генетически однородного природного образования с адекватной реакцией на техногенные и природные воздействия, но и индивидуальностью их природного потенциала [1].

Почва – один из компонентов ландшафта, способных снижать негативные последствия антропогенного и природного загрязнения. В сложной структуре геосистемы почвенный покров, в котором пересекаются все потоки вещества и энергии, в конечном итоге играет роль природного буфера. Поэтому изучение геохимического состояния почвенного покрова является неотъемлемой частью комплексной геоэкологической оценки экологического потенциала изучаемой территории.

Показателем, формирующим экологическую оценку системы «почва – донные отложения», является коэффициент миграции – отношение количества вещества в донных отложениях к почве. Оценка этого показателя позволяет рассуждать о динамике миграции и аккумуляции в донных отложениях различных химических соединений и загрязняющих веществ.

Одним из немаловажных аспектов оценки экологического равновесия геосистемы является изучение геохимической обстановки водных объектов. В процессе обработки химических анализов проб воды в рамках мониторинговых исследований авторами была отмечена дифференциация геохимических значений фоновых данных относительно аккумулятивных ландшафтов [2]. В процессе исследования и повторной камеральной обработки полученные данные были скорректированы и кратко изложены в данной статье.

Состояние конкретных компонентов геосистемы определяется влиянием внутрисистемных и межсистемных связей, которые имеют прямую и обратную взаимосвязь. К таким связям относятся биологическое потребление и накопление потенциально вредных для геосистемы веществ и элементов растительным покровом. В числовом виде эта взаимосвязь выражается в коэффициенте биологического поглощения (КБП).

Исследуемая территория – участок приенисейской тундровой зоны, расположенный в Таймырском Долгано-Ненецком районе в 130 км выше по течению р. Енисей от города Дудинка. Среднегодовые температуры здесь относительно

но минимальны, что способствует сокращению скорости геохимических процессов, в том числе и в системе «почва – растительность» [3]. Но так как связь имеет двухстороннюю направленность, то скорость накопления возможного высокого уровня содержания загрязняющих веществ и элементов в золе растений пропорциональна его постепенному понижению. Следовательно, даже в условиях относительно низких температур КБП остаётся приемлемым индикатором оценки территориального экологического равновесия (устойчивости) и уровня загрязнения в целом.

Совокупность изучения вышеизложенных аспектов формирования геохимической обстановки на ментально осваиваемом пространстве является частью общей картины экологической устойчивости типично тундровых ландшафтов Приенисейской Сибири.

Цель работы. Изучение фоновых геохимических показателей в пределах исследуемой территории как составной части геосистемного подхода в вопросе исследования экологического потенциала территории.

Для достижения поставленной цели были проработаны и решены следующие **задачи**:

- проведение полевых работ с отбором проб из различных сред геосистемы;
- химико-аналитическое исследование полученных образцов;
- камеральная обработка и интерпретация данных.

Методика проведения работ. Полевые, лабораторные и камеральные работы в рамках фонового мониторинга окружающей среды проводились на Байкаловском месторождении, Байкаловском [4], Песчаном [5], Иркинском, Муксунихском, Приозёрном нефтегазовых лицензионных участках.

Выбор места отбора проб проводился с учётом предположительно разной ландшафтно-геохимической обстановки для приближения результатов исследования к усреднённым. Отбор, хранение и транспортировка проб из различных сред осуществлялись в рамках установленных ГОСТов [6–8]. Химико-аналитические исследования проводились в аккредитованной лаборатории Красноярского научно-исследовательского института геологии и минерального сырья. Камеральные работы выполнялись в соответствии с требованиями к геоло-

го-экологическим исследованиям [9–11].

Математическая обработка аналитических материалов включала в себя статистическую обработку и определение интегрированных показателей состояния природной среды – кларков концентраций относительно установленных значений (K_k) и коэффициентов миграции (K_p). Для определения интенсивности биогеохимической дифференциации определялся коэффициент биологического поглощения (КБП) в пробах мха, который характеризует отношение количества элемента в золе растений к его количеству в почве.

Качество поверхностных вод оценивалось по отношению к ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения [12]. Показатели кларка концентрации рассчитывались относительно установленных средних значений содержания элемента в почвах мира по Ярошевскому [13]. Для растительности расчёт коэффициента концентрации велся относительно среднего содержания элемента в золе растений по Добровольскому [14].

Результаты исследований. Изучение почвенного покрова, растительности и водных объектов проводилось по показателям загрязнителей, характерным для мониторинга окружающей среды нефтегазовых лицензионных участков.

Результаты лабораторных и статистических исследований почвенного покрова представлены в таблице 1.

Реакция водной вытяжки из отобранных проб почвы изменяется от слабокислой ($pH=4,3$) до нейтральной среды ($pH=6,7$). В целом на участке исследования формируется слабокислая кислотнo-щелочная среда. Содержание водорастворимых солей не велико и находится в следующих пределах: хлориды 3,2–53,7 мг/кг с фоном в 13,2 мг/кг; сульфаты 3,5–73,2 мг/кг с фоном в 13,9 мг/кг.

Отражая местные геохимические особенности почвенного покрова, показатели кларков концентраций (K_k) могут свидетельствовать о накоплении ($K_k > 1,5$) или деградации ($K_k < 0,7$) в почве определённого элемента (табл. 1). Почти все исследуемые элементы, за исключением ртути и алюминия, находятся на стадии накопления. Отмечаются повышенные значения K_{kp} по свинцу, кадмию и мышьяку, что, вероятно, связано с особенностями подстилающих горных пород.

Сравнительные показатели геохимического фона почв и донных отложений

Показатель	Min, мг/кг	Max, мг/кг	Сп, мг/кг	Кларк почв (Кп), мг/кг	Ккп	Сд, мг/кг	Ккд	Кп
pH, ед.	4,3	6,7	6,1	-	-	6,4	-	1,1
Cl	3,2	53,7	13,2	-	-	10	-	0,8
SO ₄	3,5	73,2	13,9	-	-	20,39	-	1,5
Fe	3327	63600	31150	38000	0,8	25261	0,7	0,8
Al	6385	69860	45872	71300	0,6	37439	0,5	0,8
Cr	3,1	118	71,0	60	1,2	65,2	1,1	0,9
Ni	2,0	61,8	27,0	20	1,4	37,1	1,9	1,4
Mn	66,0	13780	2662	500	5,3	565	1,1	0,2
Cu	1,4	81,4	22,2	23	0,96	18,4	0,8	0,8
Zn	5,7	138	43,5	60	0,7	38,2	0,6	0,9
Pb	2,2	135	69,3	20	3,5	61,8	3,1	0,9
Cd	0,1	0,7	0,4	0,16	2,5	0,2	1,6	0,6
As	1,3	24,7	17,5	6	2,9	7,3	1,2	0,4
V	27,7	151	77	90	0,9	80,3	0,9	1
НП	<50,0	123	190,6	-	-	110,1	-	0,6
Hg	0,01	0,12	0,02	0,1	0,2	0,02	0,2	1

Примечание: Сп – среднее содержание элемента в почве; Сд – среднее содержание элемента в донных отложениях; Кп – коэффициент миграции элемента из почвы в донные отложения; Ккп и Ккд – кларки концентрации в почве и донных отложениях соответственно; НП – нефтепродукты.

Между тем анализ пространственного распределения максимальных значений марганца и железа показывает, что их повышенные концентрации отмечаются в пробах, отобранных на участках с избыточным увлажнением (болотистые поймы р. Малая Муксуниха, Пимена, Пайяхамал, оз. без названия и др.). Вследствие переувлажнения и наличия в почве водорастворимых органических веществ интенсивно развивается глеевый процесс, способствующий накоплению в кислой среде почвенного раствора соединений железа и марганца. Этот факт необходимо учитывать при интерпретации результатов дальнейших мониторинговых исследований.

Анализ данных, представленных в таблице 1, указывает, что в целом показатели концентраций элементов в почве и донных отложениях одинаковы. Небольшое среднестатистическое превышение SO₄ в последних связано с более нейтральным уровнем pH в пробах, отобранных в крупных реках, где уровень растворённого ки-

слорода в среднем выше для изучаемой местности.

Вышесказанное говорит о целостности и идентичности геохимических процессов, протекающих в этих средах. Это подтверждается отсутствием аномалий в связующем их веществе – воде. Исключением является фоновое превышение ПДКвр по меди в 2,2 раза. Повышенные концентрации этого металла зафиксированы в основном в водах опробованных озёр. Это объясняется повышенным содержанием меди в аккумулятивных ландшафтах прибрежных зон водоёмов, что также зафиксировано в работе Д.С. Орлова [15]. Воды обследуемого участка имеют характерный для тундровых ландшафтов гидрокарбонатно-кремнезёмный состав и являются ультрапресными. Сравнительные показатели геохимического состояния и установленный фон (Св) для водных объектов территории представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительные показатели геохимического фона воды

Показатель	ПДКвр	Min, мг/дм ³	Max, мг/дм ³	Св, мг/дм ³	Кпдк
pH, ед.	6,5-8,5	6,1	6,41	6,3	-
Цветность	-	1,7	158	37,9	-
Cl	300	<0,50	11,6	4,7	0,02
SO ₄	100	0,64	30,9	8,43	0,1
HCO ₃	-	<10,0	73,2	47,3	-
NO ₃	40	<0,20	1,31	0,755	0,02
NO ₂	0,08	<0,20	<0,20	<0,21	-
Нефтепродукты	0,05	<0,020	0,1	0,03	0,7
Ca	180	2,3	18,5	12,3	0,1
Mg	40	1,1	7,5	4,1	0,1
Na	120	0,6	23,1	5,4	0,05
K	50	0,2	1,6	0,7	0,01
Fe	0,1	<0,050	0,3	0,13	1,3
АПВВ	-	<0,025	<0,025	<0,025	-
Жесткость, ммоль/дм ³	-	0,3	1,61	0,94	-
Cu	0,001	<0,0010	0,005	0,002	2,2
Co	0,01	<0,0010	0,002	0,001	0,1
Cd	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	-
Pb	0,006	<0,0010	0,004	0,001	0,2
Zn	0,01	<0,0050	<0,0050	<0,0050	-
Ni	0,01	<0,0010	0,01	0,003	0,3
Mn	0,01	<0,0010	0,03	0,002	0,2
V	-	<0,0010	0,01	0,006	-
Cr	0,07	<0,0010	0,002	0,002	0,02

Превышение содержания элементов в растительности (мхе) территории относительно кларка растительности, по Добровольскому, не велико (табл. 3). Этому способствует замедленный биогеохимический круговорот, характерный для всей тундровой зоны полуострова Таймыр. Подробные причины и описание факторов, формирующих низкие скорости движения элементов в системе «почва–растительность», представлены в работе В.П. Чехи [3].

По интенсивности поглощения к микроэлементам сильного захвата (КБП = 0,7–3) относятся цинк и кадмий; остальные изученные элементы имеют слабый захват (КБП < 0,7). Пространственное распределение максимальных значений железа, марганца и меди приурочено к высоким показателям этих элементов в почве на определённых типах ландшафта (см. выше).

Таблица 3

Сравнительные показатели геохимического фона растительности

Элемент	Min, мг/кг	Max, мг/кг	Ср, мг/кг	Кларк растительности (зола), мг/кг	Ккр	Сп	КБП
1	2	3	4	5	6	7	8
Fe	1736	15967	5326	-	-	31149,8	0,2
Al	2037	4215	3145	10000	0,3	45872,5	0,1
Cr	1	40	8,88	35	0,3	71	0,1

1	2	3	4	5	6	7	8
Ni	1,5	30	11,3	40	0,3	27	0,4
Mn	50	1000	483,2	4100	0,1	2662,3	0,2
Cu	4	20	9,18	160	0,1	22,2	0,4
Zn	15	100	48,3	600	0,1	43,5	1,1
Pb	0,2	40	4,32	25	0,2	69,3	0,1
Cd	0,1	0,4	0,3	0,7	0,4	0,4	0,7
As	0,5	2,2	0,9	3	0,3	17,5	0,1
V	1	52,8	8,4	30	0,3	77	0,1
Hg	0,007	0,009	0,008	0,25	0,03	0,02	0,3

Выводы. Исходные данные геохимических показателей геосистемы являются составным элементом общей картины устойчивости местности к антропогенному и природному влиянию на окружающую среду. Результаты работы войдут в общий цикл исследований по оценке экологического потенциала типичных тундровых ландшафтов Приенисейской Сибири.

Литература

1. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Геоэкологическая оценка территории. – М.: Наука, 2005. – 319 с.
2. Гаврилюк А.И., Мартыанова М.В. Оценка геохимического состояния вод озёр тундровых ландшафтов // География и геоэкология на службе науки и инновационного образования: мат-лы X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. Всемирному дню Земли и 60-летию каф. экономической географии / отв. ред. М.В. Прохорчук; Красноярск. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2015. – Вып. 10. – С. 47–49.
3. Чеха В.П., Шапарев Н.Я. Экология. Ландшафтная характеристика и природные ресурсы Красноярского края. – М.: Наука, 1997. – 598 с.
4. Мыларщииков А.М. Оценка фонового уровня загрязнения компонентов природной среды в пределах Байкаловского лицензионного участка. – Красноярск, 2011.
5. Анциферова О.В., Гаврилюк А.И. Оценка текущего фонового уровня загрязнения окружающей среды на Песчаном лицензионном участке. – Красноярск, 2014. – 86 с.
6. ГОСТ 17.4.3.01-83. Почвы. Общие требования к отбору проб. – М.: Госстандарт, 1983. – 5 с.
7. ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. – М.: Госстандарт, 1985. – 5 с.
8. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: Госстандарт, 2000. – 45 с.
9. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. – М.: Изд-во ИМГРЭ, 1982. – 66 с.
10. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. Утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 13.03.87 № 4266-87 (ред. от 07.02.99). – М., 1987. – 25 с.
11. Требования к оценке геоэкологического состояния и мониторингу месторождений углеводородов. – М., 2002. – 103 с.
12. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Федерального агентства по рыболовству № 20 от 18.01.2010 г. – М., 2010.
13. Ярошевский А.А. Кларки геосфер // Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. – М.: Недра, 1990. – С. 7–14.
14. Добровольский В.В. Основы биогеохимии: учеб. пособие для географических, биологических, геологических, сельскохозяйственных специальностей вузов. – М.: Высш. шк., 1998. – 413 с.

15. Орлов Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. – М.: Высш. шк., 2002. – 333с.

Literatura

1. Zaikanov V.G., Minakova T.B. Geojekologicheskaja ocenka territorii. – M.: Nauka, 2005. – 319 s.
2. Gavriljuk A.I., Mart'janova M.V. Ocenka geohimicheskogo sostojanija vod ozjor tundrovyh landshaftov // Geografija i geojekologija na sluzhbe nauki i innovacionnogo obrazovanija: mat-ly X Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, posvjashh. Vsemirnomu dnju Zemli i 60-letiju kaf. jekonomicheskoy geografii / otv. red. M.V. Prohorchuk; Krasnojarsk. gos. ped. un-t im. V.P. Astafeva. – Krasnojarsk, 2015. – Vyp. 10. – S. 47–49.
3. Cheha V.P., Shaparev N.Ja. Jekologija. Landshaftnaja harakteristika i prirodnye resursy Krasnojarskogo kraja. – M.: Nauka, 1997. – 598 s.
4. Mylarshhikov A.M. Ocenka fonovogo urovnja zagraznenija komponentov prirodnoj sredy v predelah Bajkalovskogo licenzionnogo uchastka. – Krasnojarsk, 2011.
5. Anciferova O.V., Gavriljuk A.I. Ocenka tekushhego fonovogo urovnja zagraznenija okruzhajushhej sredy na Peschanom licenzionnom uchastke. – Krasnojarsk, 2014. – 86 s.
6. GOST 17.4.3.01-83. Pochvy. Obshhie trebovanija k otboru prob. – M.: Gosstandart, 1983. – 5 s.
7. GOST 17.1.5.05-85. Ohrana prirody. Gidrosfera. Obshhie trebovanija k otboru prob poverhnostnyh i morskikh vod, l'da i atmosferyh osadkov. – M.: Gosstandart, 1985. – 5 s.
8. GOST R 51592-2000. Voda. Obshhie trebovanija k otboru prob. – M.: Gosstandart, 2000. – 45 s.
9. Metodicheskie rekomendacii po geohimicheskoy ocenke istochnikov zagraznenija okruzhajushhej sredy. – M.: Izd-vo IMGRJe, 1982. – 66 s.
10. Metodicheskie ukazanija po ocenke stepeni opasnosti zagraznenija pochvy himicheskimi veshhestvami. Utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom SSSR 13.03.87 № 4266-87 (red. ot 07.02.99). – M., 1987. – 25 s.
11. Trebovanija k ocenke geojekologicheskogo sostojanija i monitoringu mestorozhdenij uglevodorodov. – M., 2002. – 103 s.
12. Normativy kachestva vody vodnyh ob#ektov rybohozajstvennogo znachenija, v tom chisle normativy predel'no dopustimyh koncentracij vrednyh veshhestv v vodah vodnyh ob#ektov rybohozajstvennogo znachenija: Prikaz Federal'nogo agentstva po rybolovstvu № 20 ot 18.01.2010 g. – M., 2010.
13. Jaroshevskij A.A. Klarki geosfer // Spravochnik po geohimicheskim poiskam poleznyh iskopaemyh. – M.: Nedra, 1990. – S. 7–14.
14. Dobrovol'skij V.V. Osnovy biogeohimii: ucheb. posobie dlja geograficheskikh, biologicheskikh, geologicheskikh, sel'skohozjajstvennyh special'nostej vuzov. – M.: Vyssh. shk., 1998. – 413 s.
15. Orlov D.S. Jekologija i ohrana biosfery pri himicheskom zagraznenii.– M.: Vyssh. shk., 2002. – 333s.

