

3. Baranskaya A.V. Rol' noveyshikh vertikal'nykh tektonicheskikh dvizheniy v formirovanii rel'efa poberezhnykh Rossiyskoy Arktiki: avtoref. diss. ... kand. geogr. nauk. – SPb., 2015. – S. 26.

4. Kalesnik S.V. Obshchie geograficheskie zakonomernosti Zemli. – M.: Mysl', 1970. – 283 s.

5. Gudovskikh Yu.V., Egoshina T.L., Savintseva L.S. Issledovanie bioty proektiruemykh OOPT «Yuribeyskiy» (Gydanskiy poluostrov)

// Vestnik Udmurtskogo universiteta. – 2016. – T. 26. – Vyp. 1. – S. 15-28.

6. Polymskiy V.N. K limnologii ozer Gydanskogo poluostrova // Izvestiya GosNI-ORKh. – L., 1971. – T. 75. – S. 32-46.

7. Popov P.A. Kharakteristika ikhtiofauny vodoemov Gydanskogo poluostrova // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. – 2011. – № 3 (15). – S. 127-138.



УДК 631.4

И.А. Архипов
I.A. Arkhipov

ВАНАДИЙ В ПОЧВАХ ГОРНО-ЛЕСНОГО ПОЯСА АЛТАЯ

VANADIUM IN SOILS OF THE MOUNTAIN-FOREST ZONE OF THE ALTAI MOUNTAINS

Ключевые слова: почва, почвообразующая порода, почвообразовательный процесс, ванадий, концентрация, валовое содержание, подвижные формы.

Биологическое разнообразие и пестрота геохимических ситуаций на Земле способствовали использованию любого химического элемента с определенными метаболическими задачами. Ванадий – микроэлемент, участвующий в биологических процессах на всех уровнях, входит в состав или участвует в синтезе ряда биологически активных веществ, которые играют важную роль в развитии растений и регулярно протекающих в них биологических процессов. Исследуемый микроэлемент стимулирует окисление глюкозы в процессах обмена в организме, влияет на обмен холестерина и работу ферментов. Выявлены закономерности пространственного и внутрипрофильного распределения ванадия в горно-лесных почвах Алтая. Почвообразующие породы – основной фактор, определяющий уровень концентрации элемента в почвах. Изучено влияние гумуса, карбонатов и тонкодисперсных фракции на содержание и поведение микроэлемента в горных почвах. Содержание ванадия в почвенном покрове оценено с экологических позиций. Валовое содержание ванадия в почвах зависит в основном от его содержания в почвообразующих породах, а рас-

пределение элемента по профилю – от направленности почвообразовательных процессов и физико-химических параметров почв.

Keywords: soil, parent rocks, soil-forming process, vanadium, concentration, gross content, mobile forms.

Biological and geochemical diversity on the Earth contributed to the use of any chemical element with targeted metabolic tasks. Vanadium, a trace element participating in the processes at all levels, is a part of or involved one in the synthesis of some biologically active substances which play an important role in vegetation evolution and biological processes regularly occurring in plants. The investigated trace element stimulates glucose oxidation during metabolism, affects cholesterol and enzymes. The regularities of spatial and intra-profile distribution of vanadium in the Altai Mountains forest soils were revealed. It is parent rocks that are responsible for the element concentration in soils. The influence of humus, carbonates and fine fractions on vanadium content and its behavior in mountain soils was studied. Gross content of vanadium in soils mainly depends on its content in parent rocks while the element distribution in the profile – on soil-formation processes and physical and chemical properties of soils.

Архипов Игорь Александрович, к.г.н., с.н.с., Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул. Тел.: (3852) 24-39-27. E-mail: arhipov@iwep.asu.ru.

Arkhipov Igor Aleksandrovich, Cand. Geo. Sci., Senior Staff Scientist, Institute for Water and Environmental Problems, Sib. Branch of Rus. Acad. of Sci., Barnaul. Ph.: (3852) 24-39-27. E-mail: arhipov@iwep.asu.ru.

Введение

Ландшафтно-геохимические и почвенно-геохимические исследования в системе высотных поясов Алтая являются приоритет-

ными задачами региональной экологии. Почвенные и высотные ландшафтные пояса включаются в контуры биогеохимических поясов, которые в свою очередь форми-

руются в результате климатических изменений, соответственно, растительных ценозов и различных групп или комплексов почв.

Эти условия в значительной степени определяют особенности миграции, аккумуляции и уровень концентрации изучаемого элемента в почвах.

Цель исследования – выявить закономерности пространственного и внутрипрофильного распределения валового и подвижного ванадия в почвенном покрове Алтая.

Задачи исследований: 1) исследовать уровень содержания и особенности распределения ванадия в почвообразующих породах и почвах горно-лесного пояса Алтая; 2) рассмотреть влияние физико-химических свойств горно-лесных почв и особенностей почвообразовательных макропроцессов на распределение элемента; 3) изучить подвижные формы ванадия в горно-лесных почвах; 4) выявить корреляционные связи между содержанием элемента и физико-химическими параметрами почв.

Объекты исследований – различные по генезису почвообразующие породы (элювиальные, элювио-делювиальные, делювиальные) и горно-лесные почвы Алтая.

Методы исследований – сравнительно-географический и сравнительно-генетический. Физико-химические свойства почв определяли общепринятыми в почвоведении методами, валовой ванадий – методом количественного плазменно-спектрального анализа; обменные формы ванадия экстрагировали ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8; легко растворимые соединения ванадия – 0,1 н HCl с после-

дующим определением методом атомной абсорбции.

Результаты исследований и их обсуждение Ванадий в почвообразующих породах.

Почвообразующие породы представлены остаточными и аккумулятивными корами выветривания четвертичного возраста таких пород, как: хлоритовые и хлоритово-серицитовые сланцы, кварцево-хлоритовые сланцы, алевролитовые и кремнисто-глинистые сланцы, песчаники, кристаллические известняки и кварциты, весьма неоднородны по своему происхождению, минералогии и химическому составу. В зоне выветривания происходит щелочной гидролиз первичных минералов. Аниогенные элементы в этих условиях наиболее подвижны, способны к биогенной и абиогенной миграции [1]. По валовому содержанию ванадия почвообразующие породы располагаются в следующем убывающем ряду: глины, суглинки, щебнистые и галечниковые отложения, песчаные отложения (рис.).

Подобные отложения Европейской части России содержат следующие количества ванадия, мг/кг: покровные суглинки – 90, лессы – 80, древнеаллювиальные пески – 30 [2]. В почвообразующих породах Русской равнины содержание ванадия колеблется в пределах 20-214 мг/кг [3].

По сравнению с мировым значением кларка осадочные породы Алтая отличаются повышенной концентрацией ванадия (рис. 1). Карбонатные породы более обогащены микроэлементом по сравнению со средним содержанием в карбонатных породах мира. Песчаники Алтая богаче ванадием, а глинистые породы алтайского девона обеднены им в сравнении с мировыми данными [4, 5].

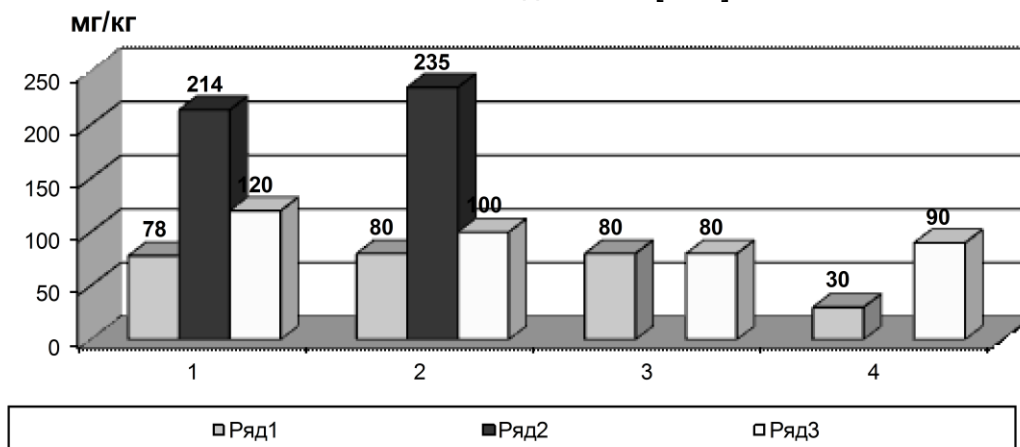


Рис. Ванадий в почвообразующих породах горно-лесных ландшафтов Алтая
1 – глинистые отложения; ряд 1 – по [2]; 2 – тяжелые суглинки; ряд 2 – по [3];
3 – лессовидные суглинки; ряд 3 – Алтай; 4 – супесчаные отложения

Таблица 1

Статистические параметры содержания ванадия в горно-лесных почвах Алтая

Генетический горизонт	N	Lim	X±x		V, %
			мг/кг		
Горно-лесные бурые (Северо-Восточный и Центральный Алтай)					
A, (AB)	10	120-90	100±4,0		24
A1A2	6	180-100	135±3,8		32
A2B	10	180-120	160±4,3		27
B	19	150-90	120±3,9		22
BC,C	17	150-110	115±3,7		29
Профиль в целом	62	220-75	129±4,6		26
Горно-лесные серые (Северный и Центральный Алтай)					
A, (AB)	9	145-75	115±3,8		30
A1A2	9	140-110	123±4,0		27
A2B	11	200-150	172±3,2		21
B	14	190-120	150±4,2		19
BC,C	10	270-115	182±3,7		24
Профиль в целом	53	270-70	127± 5		26
Горно-лесные дерново-глубокоподзолистые (Северо-Восточный Алтай)					
A, (AB)	12	110-70	80±3,6		23
A1A2	10	140-90	100±4,3		20
A2B	10	150-90	100±4,5		22
B	25	210-140	160±4,8		18
BC,C	9	180-110	100±5,5		19
Профиль в целом	66	210-60	102±3,4		25

Ванадий в почвах. По А.П. Виноградову [2] среднее содержание ванадия в почвах мира 100 мг/кг. По А.А. Беусу [3] лесные почвы содержат ванадия: серые лесные европейской части – 118; подзолистые – 63 мг/кг. Валовое содержание ванадия в горно-лесных почвах Алтая существенно варьирует (табл. 1).

Максимальные концентрации элемента обнаруживаются в почвах, сформированных на породах тяжелого гранулометрического состава (табл. 2-4). Значительные различия по уровню содержания ванадия

наблюдаются в почвах разных типов (и даже одного типа), занимающих различное положение в системе высотной поясности и сформированных в разных экологических условиях. В профиле дерново-глубокоподзолистых почв концентрация ванадия увеличивается к низу. Дифференциация почвенного профиля на генетические горизонты обуславливает различие водно-физических свойств элювиального и иллювиального горизонтов и играет большую роль в своеобразии динамики современных почвенных процессов (табл. 2).

Таблица 2

Распределение ванадия и физико-химических свойств по профилю горно-лесных почв Алтая

Генетический горизонт	Глубина образца, см	Гумус	Ил	Физич. глина	рН	Е. мг/экв. на 100 г почвы	Ванадий, мг/кг		
							валовой	(0,1н HCl)	(CH ₃ COONH ₄)
Горно-лесная дерново-глубокоподзолистая. Северо-Восточный Алтай. Разрез 2-98-А.									
A _{дер}	1-3	6,2	6,8	36,9	5,8	28	106	7,38	0,34
A	3-13	3,5	12,2	44,4	5,6	32	102	8,61	0,5
A ₁ A ₂	16-26	2,2	7,1	45,3	5,6	30	93	11,67	0,31
A ₂	34-44	0,8	12,1	47,7	5,8	34	139	11,1	0,74
A ₂ B	52-62	0,6	17,6	47,1	5,7	32	152	9,68	0,28
B ₁	67-77	0,4	25,9	57,9	5,8	46	206	2,1	0,44
B ₂	80-90	0,2	31,1	58,4	5,5	44	145	11,94	0,47
B ₃	100-110	0,1	37,2	62,2	5,8	50	139	11,78	1,53
B ₄	120-130	0,1	38,6	61,5	6,0	60	139	12,76	0,96
B ₅	155-165	0	36,8	58,8	7,2	66	152	6,13	1,22
BC	175-185	0	30,0	66,5	7,9	60	145	4,99	1,33

Горно-лесные серые почвы характеризуются слабокислой или кислой реакцией среды. Ведущие почвообразовательные процессы: дерновый, подзолистый, глеевый. Содержание гумуса постепенно уменьшается к нижней части профиля, величина емкости поглощения определяется количеством высокодисперсных минеральных частиц, химическим и минералогическим составом почвенных коллоидов. В горно-лесных серых почвах происходят накопление ванадия в иллювиальном горизонте и отсутствие выноса или накопления в верхней части почвенного профиля (табл. 3).

В профиле бурых лесных почв содержание ванадия подвержено небольшому колебанию. Для бурых лесных почв характерно низкое содержание ванадия в гумусовых горизонтах по сравнению с материнской

породой. Профиль горно-лесных бурых почв, как правило, не насыщен основаниями, максимальное содержание подвижных окислов железа приурочено к гумусовому горизонту, распределение химических элементов по элювиально-иллювиальному типу не наблюдается (табл. 4).

Таким образом, профиль горно-лесных бурых почв обладает рядом характерных особенностей, влияющих на поведение ванадия: аккумуляция больших количеств органического вещества фульватного состава, кислая реакция среды, промывной водный режим.

Характер отдельных почвенных горизонтов профиля определяет существенные различия в миграции потока микроэлементов и особенностях их внутрипрофильного распределения.

Таблица 3

Распределение ванадия и физико-химических свойств по профилю горно-лесных почв Алтай

Темно-серая лесная. Северный Алтай. Разрез 3-98-А									
A _{дер.}	1-7	8,2	16,8	46,5	5,2	70	75	4,5	1,28
A ₁	7-17	5,6	21,3	58,6	5,2	60	145	15,56	0,49
A ₁ A ₂	20-30	4,9	17,8	60,3	5,4	56	139	9,02	0,45
A ₂ B	40-50	2,7	21,4	63,6	5,3	54	139	5,3	0,29
B ₁	60-70	1,9	26,8	59,6	5,3	42	198	3,8	0,15
B ₂	78-88	0,7	44,0	71,7	5,3	60	198	3,07	0,7
B ₃	120-130	0,5	40,6	73,2	5,3	64	189	5,74	0,58
BC	155-165	0,2	40,2	73,0	5,7	64	269	6,26	0,31
C	190-200	0	38,3	69,0	6,2	5,6	116	5,29	0,26
Горно-лесная бурая. Центральный Алтай. Разрез 22-99-А									
A _{дер.}	1-6	3,4	3,9	16,7	7,4	33,6	79	9,04	0,55
A	6-14	2,3	8,7	17,2	7,4	24,6	56	4,86	0,61
AB	15-25	0,6	7,0	17,9	5,8	22,4	62	6,02	0,58
B	28-38	0,5	6,0	16,0	5,8	20,2	73	4,79	0,53
BC	40-50	0,4	4,1	8,8	5,5	6,7	67	3,65	0,45
CD	70-80	0,3	0,8	6,2	6,2	4,4	49	3,65	0,62

Таблица 4

Распределение ванадия и физико-химических свойств по профилю горно-лесных почв Алтай

Горно-лесная бурая. Центральный Алтай. Разрез 22-99-А									
A _{дер.}	1-6	3,4	3,9	16,7	7,4	33,6	79	9,04	0,55
A	6-14	2,3	8,7	17,2	7,4	24,6	56	4,86	0,61
AB	15-25	0,6	7,0	17,9	5,8	22,4	62	6,02	0,58
B	28-38	0,5	6,0	16,0	5,8	20,2	73	4,79	0,53
BC	40-50	0,4	4,1	8,8	5,5	6,7	67	3,65	0,45
CD	70-80	0,3	0,8	6,2	6,2	4,4	49	3,65	0,62

Таблица 5

Корреляционная зависимость между содержанием различных форм ванадия и физико-химическими свойствами горно-лесных почв Алтай

Параметры	Число коррелируемых пар	Валовой ванадий	Ванадий (0,1 н HCl)	Ванадий (CH ₃ COONH ₄)
Валовой ванадий	32	1,0	0,15	-0,02
Ил	32	0,06	0,05	0,27
Физ. глина	32	-0,17	0,14	0,12
Емкость	32	0,22	0,13	0,44
Гумус	32	-0,41	0,08	-0,12

Основное количество ванадия закреплено в почве неподвижно [6].

Уровень концентрации микроэлемента в почвах определяется его количеством в почвообразующих породах. Формы наследуются также от коренных пород, и изменяются под воздействием почвообразовательных процессов [7]. В почвах ванадий тесно связан с глинистой фракцией и полуторными оксидами железа и алюминия [8]. Содержание всех форм ванадия с оксидами и минералами увеличивается по мере возрастания рН.

Распределение легкорастворимых и обменных форм ванадия всецело зависит от типа почв и характера происходящих в них процессов. Подвижные соединения представлены веществами почвенного раствора, почвенного поглощающего комплекса, метастабильных непрочно связанных соединений твердой фазы почвы, в том числе гидратированных и аморфных, которые подвержены влиянию наиболее динамичных почвенных условий: окислительно-восстановительных, влажности, температуры [1] (табл. 5).

В горно-лесных почвах Алтая основная доля подвижного ванадия находится не в илистой, а в песчаной и пылеватой фракциях, так как связь соединений ванадия с крупными фракциями менее прочная, чем с илистой. Часть легкорастворимого и обменного ванадия связана с органическими веществами почв [9]. Однако содержание легкоподвижного ванадия не коррелирует с количеством валового гумуса ($r = 0,08$) и валовым содержанием элемента ($r = 0,15$).

Выводы

1. Обнаружены значительные колебания концентрации валового ванадия – от 40 до 220 мг/кг при коэффициенте варьирования, равном 31%. Внутрипрофильное распределение валового и подвижного ванадия в основных типах горно-лесных почв Алтая определяется основными почвообразовательными макропроцессами: дерновым, подзолистым, лессиважем.

2. Хорошо прослеживается зависимость между валовым содержанием ванадия и гранулометрическим составом почв и пород: глинистые и суглинистые почвы более богаты ванадием, чем супесчаные и песчаные. Между содержанием валового ванадия и илистой фракции существует прямая корреляционная связь ($r = 0,4$). Количество и природа гумуса оказывают незначительное влияние на внутрипрофильное распределение ванадия.

3. Подвижность ванадия в почвах достаточно высокая и составляет в среднем в почвенной толще 6% с колебаниями от 0,6 до 15% в зависимости от типа. Среднее содержание подвижного ванадия составляет $7,2 \pm 0,7$ мг/кг. Содержание подвижного ванадия в почвах Алтайской горной страны варьирует незначительно ($V = 27\%$). Между содержанием подвижной формы и валовым количеством микроэлемента корреляционной связи не выявлено.

Библиографический список

1. Мотузова Г.В. Информативность показателей варьирования содержания микроэлементов в почвах при биогеохимических исследованиях и экологическом мониторинге // Сибирский экологический журнал. – 2001. – № 2. – С. 119-124.
2. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 341 с.
3. Беус А.А. Геохимия литосферы. – М.: Мысль, 1976. – 141 с.
4. Добрицкая Ю.И. Некоторые закономерности распространения ванадия в разных типах почв // Почвоведение. – 1972. – № 9. – С. 51-61.
5. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б. Тяжелые металлы и радионуклиды в гидроморфных почвах Русской равнины и их профильное распределение // Почвоведение. – 1999. – № 4. – С. 435-444.
6. Судницин И.И., Куренина И.И., Фронтасьева М.В., Павлов С.С. Химический состав почв г. Москва и г. Дубна // Агрохимия. – 2009. – № 7. – С. 66-70.
7. Эдлин М.Г., Милославская О.А. Поведение галлия и ванадия в латеритных корках выветривания Гвинеи, развитых по различным исходным породам // Геохимия. – 1996. – № 2. – С. 134-138.
8. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. – М.: Экология, 1996. – 190 с.
9. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. – М.: Высшая школа, 1998. – 413 с.
10. Содержание и формы микроэлементов в почвах / под ред. Н.Г. Зырина. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 387 с.

References

1. Motuzova G.V. Informativnost' pokazateley var'irovaniya soderzhaniya mikroelementov v pochvakh pri biogeokhimicheskikh issledovaniyakh i ekologicheskom monitoringe // Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal. – 2001. – № 2. – S. 119-124.
2. Vinogradov A.P. Geokhimiya redkikh i rasseyannykh khimicheskikh elementov v

- pochvakh. – М.: Izd-vo AN SSSR, 1957. – 341 s.
3. Beus A.A. Geokhimiya litosfery. – М.: Mysl', 176. – 141 s.
4. Dobritskaya Yu.I. Nekotorye zakonomernosti rasprostraneniya vanadiya v raznykh tipakh pochv // Pochvovedenie. – 1972. – № 9. – S. 51-61.
5. Akhtyrtsev B.P., Akhtyrtsev A.B. Tya-zhelye metally i radionuklidy v gidromorfnykh pochvakh Russkoy ravniny i ikh profil'noe raspredelenie // Pochvovedenie. – 1999. – № 4. – S. 435-444.
6. Sudnitsin I.I., Kurenina I.I., Frontas'eva M.V., Pavlov S.S. Khimicheskiy sostav pochv g. Moskva i g. Dubna // Agrokhimiya. – 2009. – № 7. – S. 66-70.
7. Edlin M.G., Miloslavskaya O.A. Povedenie galliya i vanadiya v lateritnykh korakh vyvetrивaniya Gvinei, razvitykh po razlichnym iskhodnym porodam // Geokhimiya. – 1996. – № 2. – S. 134-138.
8. Ivanov V.V. Ekologicheskaya geokhimiya elementov. – М.: Ekologiya, 1996. – 190 s.
9. Dobrovolskiy V.V. Osnovy biogeokhimii. – М.: Vysshaya shkola, 1998. – 413 s.
10. Soderzhanie i formy mikroelementov v pochvakh / pod red. N.G. Zyrina. – М.: Izd-vo MGU, 1979. – 387 s.



УДК 504.06:631.41:550.42

А.В. Пузанов, С.Н. Балыкин, А.Н. Савеленок
A.V. Puzanov, S.N. Balykin, A.N. Savelenok

**К ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПУСКА РН СОЮЗ-2.1А
 С КОСМОДРОМА «ВОСТОЧНЫЙ»
 НА СВОЙСТВА И ЭЛЕМЕНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ РП 985**

**EVALUATION OF POSSIBLE IMPACT OF SPACE CARRIER VEHICLE SOYUZ-2.1A
 LAUNCHING FROM "VOSTOCHNY" SPACE PORT
 ON SOIL PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOSITION AT RP 985 IMPACT AREA**

Ключевые слова: район падения, ракета-носитель, экологическая оценка, почвы, микроэлементы, нитраты, нитриты.

Сотрудниками Института водных и экологических проблем СО РАН совместно со специалистами центра эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры выполнен комплекс мероприятий по экологическому сопровождению пуска на космодроме и в районах падения ОЧ РН Союз-2.1а, в том числе в РП 985. Исследованы поверхностные горизонты (0-5 см) мерзлотно-таежных и болотных почв. Гранулометрический состав их легко- и среднесуглинистый, реже – супесчаный и тяжелосуглинистый. Реакция почвенного раствора меняется в диапазоне от 4,1 до 6,8 единиц рН. Обилие органики различной степени разложения обуславливает высокие значения емкости катионного обмена (до 115,2 мг-экв/100 г почвы) и общего азота (до 8,35%). Высокие значения концентраций нитратов (85,4 мг/кг) и нитритов (4,8 мг/кг) обнаружены только в пробе, извлеченной из-под фрагмента торового бака, что связано, скорее всего, со свежим (вероятно, прошлогодним) пирогенным воздействием на месте его обнаружения. Большинство почв характеризуются пониженным содержанием калия, кальция и никеля. В единичных точках отмечены повышенные концентрации марганца, цинка и кадмия. В целом, химический состав и свойства поверхностных горизонтов почв в РП 985 соответствуют природно-климатическим условиям регио-

на и отражают фоновую ландшафтно-геохимическую обстановку, характерную для незагрязненных территорий. Негативное воздействие падающих фрагментов РН Союз 2.1а, связанное с механическим повреждением поверхности почв и возможным привнесением соединений тяжелых металлов (особенно, кадмия), имеет локальный характер и не несет угроз для нормального функционирования природных комплексов и здоровья человека.

Keywords: impact area, space carrier vehicle, ecological evaluation, soils, trace elements, nitrates, nitrites.

The researchers of the Institute for Water and Environmental Problems of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences jointly with the specialists of the Operation Center of Ground-Based Space Infrastructure Facilities implemented the program of ecological support of space carrier vehicle launch at the space port and in the impact areas of the Soyuz-2.1a separated parts including RP 985 impact area. Soil surface horizons (0-5 cm) in permafrost-taiga and marshy soils were investigated. The soils are of light and medium loamy, rarely of sandy-loam and heavy-loam, particle-size composition. Soil solution reaction (pH) varies in the range from 4.1 to 6.8. The abundance of organic matter of various decomposition stages determines high values of cation exchange capacity (up to 115.2 mg-eq per 100 g of soil) and total nitrogen (up to 8.35%). High concentrations of