

УДК 550.4:504.05

Т. В. КОРОЛЁВА*, А. В. ШАРАПОВА*, Н. Г. КАДЕТОВ**, О. В. ЧЕРНИЦОВА*

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

**Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ АЛТАЙ)

В рамках экологического мониторинга состояния экосистем, подверженных воздействию ракетно-космической деятельности, осуществляются эколого-геохимические исследования на территориях, используемых для приземления отделяющихся частей ракет-носителей. Представлены результаты почвенно-геохимических и геоботанических исследований в районах падения вторых ступеней ракет на Северо-Западном Алтае. Полученные данные являются базой для оценки воздействия ракетно-космической деятельности на экосистемы региона.

Ключевые слова: экологическая безопасность, ракетно-космическая деятельность, ракетное топливо, Северо-Западный Алтай.

Ecologo-geochemical investigations are conducted within the framework of ecological monitoring of ecosystems experiencing the effects from rocket and space activity, on territories used for landing of detachable portions of carrier rockets. Results from soil-geochemical and geobotanical investigations in areas of Northwestern Altai where the second rocket stages fell back to Earth are presented. The data obtained serve as a basis for assessing the effects of rocket and space activity on the region's ecosystems.

Keywords: ecological security, rocket and space activity, propellant, Northwestern Altai.

ВВЕДЕНИЕ

В Алтайском крае под районы падения фрагментов отработавших вторых ступеней ракет используются территории, расположенные в предгорных, среднегорных и высокогорных ландшафтах Северо-Западного Алтая (см. рисунок). Четыре перекрывающихся района образуют зону с условным номером Ю-30, более половины площади которой (54 %) находится в Республике Казахстан. Зона Ю-30 используется с 1966 г. для приземления фрагментов вторых ступеней ракет-носителей (РН) «Союз», работающих на углеводородном горючем (керосин Т-1), и «Протон», в которых в качестве компонентов топлива применяется несимметричный диметилгидразин (НДМГ – $(\text{CH}_3)_2\text{N}-\text{NH}_2$) и тетраоксид азота (N_2O_4). Всего за период эксплуатации здесь приземлились фрагменты вторых ступеней 296 РН «Союз» и 34 РН «Протон».

Отработавшие вторые ступени ракет отделяются на высотах 140–160 км и разрушаются примерно в 30 км от поверхности Земли. Фрагменты ступеней падают в разных частях указанных районов, гарантийные остатки топлива рассеиваются в стратосфере. Многолетние наблюдения позволяют утверждать, что химическое загрязнение природных ландшафтов на этих территориях возможно только при проливе остатков топлива, находящихся в топливопроводах и замкнутых полостях, не разрушенных при падении второй ступени. Объемы таких проливов не превышают нескольких литров.

В районах падения в рамках ведомственного мониторинга проводятся работы по экологическому сопровождению каждого пуска РН, а также периодические комплексные исследования динамики состояния экосистем территорий, подверженных воздействию ракетно-космической деятельности [1]. В статье представлены результаты комплексных почвенно-геохимических и геоботанических исследований, проведенных на Северо-Западном Алтае в 2012 г. Их целью являлось изучение состояния почвенно-растительного покрова районов падения ступеней ракет по разработанным параметрам оценки воздействия ракетно-космической деятельности на окружающую среду [2].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнялись на пяти ключевых участках, расположенных в российской части зоны Ю-30 и на прилегающей территории и относящихся к Северо-Западной Алтайской провинции [3].

Выбор участков определялся необходимостью охарактеризовать равнинные (предгорные), низкогорные и среднегорные ландшафты данной территории, которые в силу труднодоступности не обследовались во время обязательных работ по экологическому сопровождению пусков РН, когда осуществлялся преимущественно вертолетный облет территории с отбором проб в высокогорных тундровых ландшафтах. Для проведения комплексных почвенно-геохимических и геоботанических исследований на ключевых участках было заложено 16 мониторинговых площадок (см. рисунок).

Состояние почв оценивалось по набору показателей, определенных в результате многолетних полевых и экспериментальных исследований по изучению поведения компонентов ракетного топлива (КРТ) в ландшафтах, выявлению особенностей их миграции, накопления и трансформации. Все эти показатели объединены в три группы: специфические и неспецифические показатели химического воздействия, показатели вещественного состава.

Для оценки специфического химического воздействия ракетно-космической деятельности используются показатели содержания в почвах ракетного топлива — керосина Т-1 и НДМГ, а также наиболее токсичного продукта трансформации НДМГ — нитрозодиметиламина (НДМА).

Поступление компонентов ракетного топлива в почву может оказывать влияние на ее кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства, содержание и доступность элементов питания, поэтому для характеристики возможных изменений используется группа неспецифических химических показателей: содержание суммарных нефтепродуктов, нитрат- и нитрит-ионов, иона аммония, актуальная почвенная кислотность (величина рН) и потенциальная (обменная и гидролитическая) почвенная кислотность.

Состояние почв, подвергающихся техногенному загрязнению, может быть охарактеризовано с помощью показателей вещественного состава, к которым относятся: содержание общего органического вещества, общего азота, обменных кальция и магния, емкость поглощения.

Геоботанические описания проводились по стандартной методике [4, 5]. В качестве параметров оценки степени нарушенности фитоценозов в результате ракетно-космической деятельности использовались ценопопуляционные, флористические и структурные показатели [1].

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ключевой участок «Чесноков Алей» (площадки Р1–Р4) расположен в долине одноименной р. Чесноков Алей. Заложённые площадки характеризуют предгорные денудационно-аккумулятивные лесостепные ландшафты (Р4), горно-долинные эрозионные лугово-лесные (Р1) и низкогорные лесные эрозионно-денудационные чернево-таежные ландшафты (Р2, Р3) (табл. 1).

Ключевой участок «Глубокая» (площадки Р5–Р7) характеризует горно-долинные лугово-лесные эрозионные ландшафты (Р5) и низкогорные эрозионно-денудационные лесные чернево-таежные ландшафты (Р6, Р7) верховьев р. Глубокой (табл. 2).

Ключевой участок «Тигирецкий» (площадки Р8–Р12) приурочен к отрогам Тигирецкого хребта и долине р. Ини. Площадки характеризуют среднегорные лесные горно-таежные пенеценизированные и эрозионно-денудационные останцово-холмисто-увалистые ландшафты с крупными тектоногенными уступами (Р8–Р11), а также горно-долинные лугово-лесные эрозионно-денудационные ландшафты (Р12) (табл. 3).

Ключевой участок «Берёзовка» (площадки Р13, Р14) расположен в низкогорных лесостепных ландшафтах водораздельной поверхности рек Сентелек, Тулата и Чарыш (табл. 4).

Ключевой участок «Коргонский» (площадки Р15, Р16) находится в отрогах Коргонского хребта. Площадки характеризуют среднегорные лесные подтаежные ландшафты (Р15) и горно-таежные ландшафты (Р16) (табл. 5).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Вещественный состав и свойства почв. Изученные в ходе экспедиционных работ почвы можно объединить в пять групп: черноземы и черноземовидные; серые лесные; горно-лесные бурые; дерновые и аллювиальные. В отобранных почвенных образцах не обнаружено ни керосина Т-1, ни НДМГ, ни НДМА. Таким образом, специфического химического загрязнения почв компонентами ракетных топлив не выявлено.

Содержание азотных соединений в почвах определялось на участках «Берёзовка» и «Коргонский». Значимые величины содержания нитрат-иона отмечаются в гумусовых горизонтах черноземов и чер-

Химические и физико-химические свойства почв участка «Чесноков Алей»

Почва	Глубина, см	N _{общ.} , %	C _{орг.} , %	Обменные катионы		Обменная кислотность		Емкость поглощения	Гидролитическая кислотность	pH
				ммоль(+)/100 г почвы						
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺			
Площадка P1. Пойма р. Чесноков Алей, субгоризонтальная поверхность, угол наклона до 2° (высота 544 м над ур. моря); почва аллювиальная луговая насыщенная темноцветная среднесуглинистая; растительность разнотравно (манжета, клевер луговой)-тимофеевковая (<i>Alchemilla</i> sp., <i>Trifolium pratense</i> , <i>Festuca pratensis</i> , <i>Phleum pratense</i>)										
A	0–9	5,31	3,13	19,24	2,06	0,08	0,13	21,50	2,94	5,10
AB(g)	42–52	0,57	0,79	20,23	2,61	0,10	0,03	22,96	1,10	6,00
B(g)	70–80	0,28	0,37	17,95	4,19	0,08	0,03	22,24	0,69	6,00
BG	95–105	0,65	0,29	15,59	6,41	0,10	0,00	22,10	0,88	6,10
Площадка P2. Склон северо-западной экспозиции, угол наклона 5° (высота 704 м над ур. моря); почва темно-серая лесная среднесуглинистая; растительность осиново-пихтовая высокотравно-папоротниково-коротконожковая (<i>Populus tremula</i> , <i>Abies sibirica</i> , <i>Aconitum septentrionale</i> , <i>Athyrium filix-femina</i> , <i>Brachypodium pinnatum</i>)										
A1A2	0–10	0,55	2,47	13,76	2,90	0,13	0,05	16,84	3,26	5,20
A2B	20–30	0,37	1,41	11,05	4,69	0,10	0,15	15,99	4,16	4,60
B1	45–55	0,27	1,04	12,28	4,74	0,10	0,05	17,16	3,02	4,80
B2	67–77	0,19	0,77	15,00	5,94	0,13	0,00	21,06	2,60	5,10
BC	90–100	0,12	0,50	16,74	5,05	0,10	0,00	21,89	2,57	5,10
C	110–120	0,09	0,43	16,89	3,88	0,08	0,05	20,89	2,41	5,20
Площадка P3. Левый борт долины р. Чесноков Алей, привершинная склоновая поверхность сопки северо-западной экспозиции, угол наклона до 5° (высота 600 м над ур. моря); почва дерновая среднесуглинистая на элювии сланцев; растительность розово-карагановая стоповидноосоковая (<i>Rosa spinosissima</i> , <i>Caragana arborescens</i> , <i>Carex pediformis</i>)										
Ад	0–10	1,32	19,92	19,06	13,15	0,20	0,10	32,51	4,85	4,70
AR	10–20	0,53	4,95	7,56	10,21	0,10	0,00	17,88	4,14	5,00
Площадка P4. Вершина холма, субгоризонтальная поверхность, осложненная бороздами вспашки, угол наклона до 2° (высота 475 м над ур. моря); чернозем выщелоченный среднесуглинистый освоенный; растительность – залежный луг, разнотравно-тимофеевковая (<i>Achillea asiatica</i> , <i>Pastinaca sylvestris</i> , <i>Phleum pratense</i>)										
Ад	0–5	0,30	2,82	14,08	6,73	0,10	0,05	20,95	1,01	6,20
A1	10–15	0,29	1,80	19,38	2,16	0,10	0,15	21,79	1,71	6,20
ПП	25–30	0,23	1,66	19,15	3,66	0,08	0,03	22,91	1,67	5,90
A1B	50–60	0,18	1,27	18,75	9,38	0,10	0,00	28,23	1,45	5,80
Вса	80–90	0,12	0,96	19,28	3,64	0,08	0,03	23,01	1,19	5,90
ВСа	120–130	0,07	0,51	19,76	1,99	0,10	0,03	21,88	1,94	6,10

ноземовидных почв участка «Берёзовка» (от 0,4 до 7 мг/кг), а также в профилях по всем генетическим горизонтам горно-лесной бурой и дерновой почв участка «Коргонский» (от 1,5 до 29 мг/кг). Для всех почв свойственно уменьшение значений показателя с глубиной. Содержание нитритного азота в изученных почвах составляет в среднем 0,4 мг/кг; значения слабо дифференцированы. Повышенные величины (концентрации) аммонийного азота зафиксированы только в почвах лесных ландшафтов участка «Коргонский»: наибольшие значения характерны для дерновых и органо-минеральных горизонтов (20–30 мг/кг), с глубиной они снижаются до 11 мг/кг.

Определение содержания суммарных нефтепродуктов проводилось в поверхностных горизонтах почв (0–5 см) всех обследованных участков. В районах падения вторых ступеней ракет оно составило в среднем 66 мг/кг. В 30 % проб содержание нефтепродуктов ниже чувствительности метода количественного химического анализа (менее 50 мг/кг). Для каждой территории установлен свой региональный геохимический фон содержания в почвах углеводородов, попавших в нее из атмосферы или с дождевым и талым стоком. Этот фон изменяется в широких пределах — от 10 до 500 мг/кг сухого веса

Таблица 2

Химические и физико-химические свойства почв участка «Глубокая»

Почва	Глубина, см	N _{общ} , %	C _{орг} , %	Обменные катионы		Обменная кислотность		Емкость поглощения	Гидролитическая кислотность	рН
				ммоль(+)/100 г почвы						
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	ммоль(+)/100 г почвы		
Площадка Р5. Низкая пойма р. Глубокой, выположенная субгоризонтальная поверхность, угол наклона до 5° (высота 652 м над ур. моря); почва аллювиальная луговая насыщенная среднесуглинистая на песчано-галечниковых аллювиальных отложениях; растительность ивовая крапивно-вейниковая (<i>Salix viminalis</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Calamagrostis purpurea</i>)										
A1	0–9	0,21	1,70	10,03	3,73	0,06	0,05	13,86	2,86	5,10
AB	15–25	0,13	0,40	11,00	2,31	0,06	0,03	13,40	1,67	5,10
B1(g)	30–40	0,12	0,71	12,49	3,88	0,05	0,03	16,44	1,61	5,30
B2(g)	45–57	0,13	0,65	12,99	1,66	0,05	0,03	14,73	1,64	5,20
BD(g)	57–70	0,12	1,01	12,84	1,74	0,06	0,01	14,65	1,13	5,10
D	72–80	0,13	0,79	13,33	1,14	0,04	0,01	14,51	1,69	5,20
Площадка Р6. Средняя часть склона юго-западной экспозиции, угол наклона 25–30° (высота 656 м над ур. моря); почва горно-лесная бурая среднесуглинистая на делювиальных отложениях; растительность пихтовая с осинкой аконитово-вейниковая (<i>Abies sibirica</i> , <i>Aconitum septentrionale</i> , <i>Calamagrostis obtusata</i>)										
A	0–10	0,31	1,96	10,38	6,09	0,06	0,05	16,58	2,90	4,80
AB	23–35	0,20	1,53	9,90	4,65	0,06	0,41	15,03	3,89	4,60
B1	50–60	0,12	0,98	11,75	2,81	0,05	0,15	14,76	3,41	4,90
B2	80–90	0,14	0,70	13,30	3,85	0,10	0,13	17,38	3,27	5,00
BC	100–120	0,12	0,33	22,13	5,83	0,08	0,26	28,29	2,95	5,10
Площадка Р7. Привершинная часть сопки, субгоризонтальная склоновая поверхность, угол наклона до 5° (высота 699 м над ур. моря); почва светло-серая лесная среднесуглинистая на делювиальных сланцев; растительность осиново-пихтовая осочковая (<i>Populus tremula</i> , <i>Abies sibirica</i> , <i>Carex macroura</i>)										
A1A2	0–10	0,33	2,29	14,68	2,18	0,10	0,05	17,00	4,39	4,70
A1B	13–23	0,16	1,30	15,33	0,08	0,10	0,35	15,85	4,96	4,50
B1	30–40	0,20	1,47	19,03	3,05	0,09	0,16	22,33	4,13	4,70
B2	55–65	0,17	1,06	21,14	–0,95	0,08	0,06	20,33	3,08	4,95
BC	90–100	0,09	0,56	5,93	17,29	0,06	0,03	23,30	1,40	5,30
C	120–130	0,07	0,37	18,08	1,96	0,05	0,03	20,11	0,38	7,30

почвы [6]. Для фоновых районов Западной Сибири содержание нефтепродуктов в почвах находится в интервале от 9 до 260 мг/кг [7].

Химические свойства почв представлены в табл. 1–5. В целом полученные характеристики вещественного состава и свойств почв горно-долинных, предгорных, низкогорных и среднегорных лесостепных и лесных ландшафтов в районах падения ступеней ракет Северо-Западного Алтая сопоставимы с данными различных источников и не выходят за рамки природной вариабельности [8, 9].

Геоботаническая характеристика участков. Район исследований приурочен к полосе контакта равнинных богаторазнотравных и разнотравно-дерновиннозлаковых степей западносибирско-североказахстанского типа подзоны северных степей и крайнего западного типа поясности Алтае-Саянской группы — Западноалтайского (альпийско-субальпийско-таежно-кустарниково-лесостепно-степного). Четыре самые восточные площадки (Р13–Р16) находятся в пределах Центральноалтайского (нивально-альпийско-субальпийско-таежно-лесостепного) типа поясности [10].

Большая часть лесных сообществ относится к так называемой черневой тайге или ее дериватам. В районе исследований они представлены лесами с преобладанием пихты и существенным участием осины и примесью березы в составе древостоя. Сообщества этой группы характеризуются высоким проективным покрытием (ПП) древостоя (65–75 %) и вариативным присутствием подроста пихты (ПП от 5 до 55 %). Основными компонентами подлеска (ПП от 10–12 до 40 %) выступают карагана древовидная, смородина колосистая, спирея средняя. В густом травяно-кустарничковом ярусе (ПП = 80–100 %) доминируют виды высокотравья (борец северный, скерда сибирская, чина Гмелина), крупные папоротники (кочедыжник женский, щитовник мужской), а также виды неморального ком-

Химические и физико-химические свойства почв участка «Тигирецкий»

Почва	Глубина, см	N _{общ.} , %	C _{орг.} , %	Обменные катионы		Обменная кислотность		Емкость поглощения	Гидролитическая кислотность	pH
				ммоль(+)/100 г почвы						
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	ммоль(+)/100 г почвы		
Площадка P8. Средняя часть склона юго-западной экспозиции, угол наклона 25–30° (высота 1326 м над ур. моря); почва горно-лесная бурая среднесуглинистая слабообразованная; растительность лиственничная с пихтой спиреевая травяно (золотарник, подмаренник северный)-вейниковая зеленомошная (<i>Larix sibirica</i> , <i>Spiraea media</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Galium boreale</i> , <i>Calamagrostis arundinacea</i>)										
A	0–5(6)	0,57	5,91	3,35	4,93	0,00	1,59	9,86	14,27	3,70
B	15–20	0,44	3,49	1,80	19,95	0,16	5,74	27,65	13,43	3,45
Площадка P9. Склон северо-западной экспозиции, угол наклона до 25° (высота 1135 м над ур. моря); почва горно-лесная бурая среднесуглинистая на делювиальных отложениях; растительность пихтовая с рябиной высокотравно-папоротниково-вейниковая зеленомошная (<i>Abies sibirica</i> , <i>Aconitum septentrionale</i> , <i>Crepis sibirica</i> , <i>Athyrium filix-femina</i> , <i>Calamagrostis obtusata</i>)										
A	2–12	0,36	3,08	5,78	5,53	0,16	1,80	13,26	7,63	4,00
AB	17–27	0,31	2,17	4,00	3,83	0,13	1,48	9,43	6,19	4,00
B	32–42	0,18	1,29	2,10	5,84	0,09	3,06	11,09	6,66	3,80
C	50–60	0,11	0,69	1,98	8,89	0,09	2,59	13,54	4,56	3,80
Площадка P10. Склон северо-западной экспозиции, угол наклона до 30–35° (высота 712 м над ур. моря); почва дерновая среднесуглинистая на делювии гранитов; растительность березовая с пихтой осочковая (<i>Betula pendula</i> , <i>Abies sibirica</i> , <i>Carex macrourea</i>)										
Ад	0–5	0,29	2,34	8,75	5,00	0,09	0,18	14,01	3,17	5,20
A	3–13	0,37	3,25	7,31	4,08	0,09	0,11	11,59	3,40	4,80
AD	17–27	0,16	1,82	4,73	5,71	0,13	0,11	10,68	3,80	4,60
Площадка P11. Нижняя часть склона северо-западной экспозиции, угол наклона 7–9° (высота 549 м над ур. моря); почва аллювиальная луговая насыщенная поверхностно-глееватая слоистая среднесуглинистая; растительность пихтовая с осинкой мелкоотравно-осочковая зеленомошная (<i>Abies sibirica</i> , <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Stellaria bungeana</i> , <i>Carex macrourea</i>)										
Ад	0–5	0,34	2,06	8,53	4,09	0,11	1,15	13,88	7,52	3,80
A	3–13	0,32	2,96	11,44	3,05	0,11	0,41	15,01	5,46	4,00
AB	16–26	0,24	1,61	8,94	3,85	0,10	0,78	13,66	5,77	4,05
B	>28	0,15	1,02	9,26	2,71	0,00	1,44	13,41	4,73	4,05
Площадка P12. Высокая пойма р. Ини, выровненная субгоризонтальная поверхность (высота 482 м над ур. моря); почва аллювиальная луговая насыщенная поверхностно-глееватая слоистая среднесуглинистая; растительность розово-лазифоровая тимофеевково-таволговая (<i>Rosa acicularis</i> , <i>Dasiphora fruticosa</i> , <i>Phleum pratense</i> , <i>Filipendula ulmaria</i>)										
Ад	0–10	0,50	3,31	10,08	5,49	0,08	0,01	15,65	2,89	5,20
A	9–17	0,31	2,00	11,59	1,31	0,05	0,08	13,03	2,39	5,30
Bg	16–28	0,19	0,83	9,64	2,25	0,06	0,01	11,96	1,44	5,60
BCg	33–43	0,14	0,79	10,89	1,68	0,04	0,01	12,61	0,84	5,80
Cg	60–70	0,13	0,73	7,26	2,11	0,06	0,00	9,44	0,74	5,80
(A)	85–95	0,19	1,47	11,85	0,74	0,05	0,01	12,65	1,17	5,80
C	110–120	0,13	0,75	9,74	2,23	0,06	0,01	12,04	1,24	5,90

плекса (коротконожка перистая, подмаренник душистый, перловник поникший). Значительно участие вейника притупленного. Нередко бывает выражен подъярус из осоки большехвостой или кислицы и звездчатки Бунге. Сорные виды не отмечены. Многие авторы рассматривают подобные леса в качестве достаточно типичных для гор юга Сибири в целом и Рудного Алтая [11, 12].

В ходе исследований также описаны лесные сообщества лиственничной формации. В основном они приурочены к верхней части горно-таежного пояса и достаточно разнородны по своей структуре, составу и степени антропогенной преобразованности.

Сообщества кустарниковых зарослей изучены на трех ключевых участках. На участке «Чесноков Алей» на площадке P3 описана розово-карагановая стоповидноосоковая ассоциация, характеризую-

Таблица 4

Химические и физико-химические свойства почв участка «Берёзовка»

Почва	Глубина, см	N _{общ} , %	C _{орг} , %	Обменные катионы		Обменная кислотность		Емкость поглощения	Гидролитическая кислотность	рН
				ммоль(+)/100 г почвы						
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	ммоль(+)/100 г почвы		
Площадка Р13. Склон холма северо-западной экспозиции, угол наклона 15–17° (высота 725 м над ур. моря); почва горно-лесная черноземовидная намытая среднесуглинистая; растительность лиственничная малиновая травяно-крапивно-ежовая (<i>Larix sibirica</i> , <i>Rubus idaeus</i> , <i>Fragaria viridis</i> , <i>Pulmonaria mollis</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Dactylis glomerata</i>)										
А	0–10	0,39	3,14	20,80	3,79	0,05	0,01	24,65	4,74	4,90
А	15–25	0,32	2,77	22,03	3,11	0,06	0,00	25,20	3,60	5,20
А	40–50	0,31	2,48	22,29	1,89	0,05	0,03	24,25	2,86	5,50
АВ	75–85	0,25	1,78	23,04	3,18	0,08	0,01	26,30	1,44	6,00
АВ	110–120	0,16	1,41	25,09	2,80	0,08	0,09	28,05	0,53	7,00
В	130–140	0,10	0,94	22,79	3,23	0,09	0,00	26,10	0,62	6,80
Площадка Р14. Склон холма западной экспозиции, угол наклона 15–17° (высота 618 м над ур. моря); чернозем обыкновенный среднесуглинистый освоенный; растительность разнотравно-злаковая (<i>Potentilla flagellaris</i> , <i>Ziziphora clinopodioides</i> , <i>Achillea asiatica</i> , <i>Phleum pratense</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Poa angustifolia</i>)										
Ад	0–7	0,54	4,39	12,00	25,00	0,08	0,00	37,08	1,91	6,30
А1	7–17	0,47	3,57	24,35	2,85	0,04	0,08	27,31	0,54	6,90
А	40–50	0,34	3,09	23,45	3,41	0,06	0,05	26,98	0,37	7,60
АВ	45–85	0,14	1,22	19,43	3,13	0,06	0,05	22,66	0,16	8,00
Вса	100–115	0,02	0,35	18,91	2,90	0,04	0,01	21,86	0,14	8,00
ВСаа	120–130	0,11	0,41	18,69	3,30	0,04	0,05	22,08	0,24	8,10

Таблица 5

Химические и физико-химические свойства почв участка «Коргонский»

Почва	Глубина, см	N _{общ} , %	C _{орг} , %	Обменные катионы		Обменная кислотность		Емкость поглощения	Гидролитическая кислотность	рН
				ммоль(+)/100 г почвы						
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	ммоль(+)/100 г почвы		
Площадка Р15. Склон северо-западной экспозиции, угол наклона 15–20° (высота 1136 м над ур. моря); почва горно-лесная бурая среднесуглинистая с укороченным профилем на делювиальных отложениях; растительность лиственничная с березой спиреевая крапивно-высокотравная зеленомошная (<i>Larix sibirica</i> , <i>Spiraea media</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Aconitum septentrionale</i> , <i>Cacalia hastata</i>)										
Ад	0–5	0,46	4,45	12,25	4,13	0,05	0,16	16,59	8,25	4,60
А	10–20	0,33	2,81	8,88	2,96	0,04	0,89	12,76	7,92	4,40
В	32–42	0,17	1,52	5,86	7,43	0,05	1,21	14,55	5,57	4,50
Площадка Р16. Субгоризонтальная слабонаклоненная поверхность северо-восточной экспозиции, угол наклона менее 5° (высота 890 м над ур. моря); почва дерновая среднесуглинистая; растительность лиственничная с березой спиреевая крапивно-высокотравная зеленомошная (<i>Larix sibirica</i> , <i>Rubus idaeus</i> , <i>Geranium pratense</i> , <i>Agrimonia pilosa</i> , <i>Dactylis glomerata</i>)										
Ад	0–5	0,86	7,53	14,34	5,67	0,04	0,06	20,11	7,64	4,50
А	6–16	0,48	3,92	10,28	6,09	0,04	0,38	16,78	7,18	4,50
АД	1520	0,56	5,96	10,45	5,73	0,04	0,24	16,45	8,52	4,40

сящая наличием мощного яруса кустарников (ПП = 90 %) при полном отсутствии древесного. В травяно-кустарничковом ярусе (ПП около 75 %) абсолютным доминантом выступает осока стоповидная — типичный вид кустарниковых каменистых луговых степей [11], присутствуют скальные виды. Сорные виды представлены единично. Для данного участка, согласно Г. Н. Огуревой [13], характерно широкое распространение кустарниковых сообществ с травяным покровом лугово-степного типа, а наличие кустарникового пояса свойственно именно Западно-алтайскому типу поясности.

В пойме р. Глубокой в непосредственной близости от русла изучена ивовая крапивно-вейниковая ассоциация (площадка Р5). Подобные сообщества характерны для прирусловой части долин рек лесного пояса этой части Алтая [11, 13]. В мощном кустарниковом ярусе (ПП = 75 %) доминирует ива прутовидная, достигающая высоты 5–6 м. В сложении травяно-кустарничкового яруса наибольшую роль играют вейник пурпурный и крапива двудомная.

На высокой пойме р. Ини (площадка Р12) описана розово-дазифоровая тимофеевково-таволговая ассоциация. Заросли дазифоры (курильский чай, кустарниковая лапчатка) А. В. Куминова [11] рассматривает как наиболее характерные для широких речных долин Центрального Алтая. Вместе с тем для сопредельных районов отмечается возможность формирования подобных сообществ в результате нерегулируемого выпаса на месте редких сообществ из сибирки алтайской [14]. Сообщество отличается полным отсутствием древесного яруса и выразительным кустарниковым ярусом 1,3–1,7 м высотой (ПП = 45 %) из дазифоры и шиповника иглистого. В мощном травяно-кустарничковом ярусе (ПП = 100 %) преобладает таволга вязолистная, заметную роль играют луговые виды.

Сообщества травянистых растений представлены главным образом залежами и брошенными пастбищами. На высокой пойме р. Чесноков Алей (площадка Р1) составлено описание разнотравно-timoфеевковой ассоциации с присутствием в разнотравье манжеты и клевера лугового. Ассоциация носит производный характер. В пользу нарушенности, вторичности данного сообщества свидетельствует заметное количество сорных видов (латук компасный, горец вьюнковый и др.).

Производной является также разнотравно-timoфеевковая ассоциация, описанная на площадке Р4 участка «Чесноков Алей». Ее отличительная особенность — наличие небольшого числа кустов жимолости татарской, не образующих выраженного яруса.

Значительное распространение разнотравно-злаковых и злаково-разнотравных лугов характерно для ключевого участка «Берёзовка» [13, 15]. На одном из таких лугов заложена площадка Р14. Древесный ярус и подрост здесь отсутствуют, а кустарники представлены единичными экземплярами шиповника иглистого (ПП = 2 %). Из злаков в травяно-кустарничковом ярусе преобладают корневищные, такие как тимофеевка луговая, ежа сборная, мятлик узколистный. Из разнотравья наиболее обильны земляника зеленая, лапчатка плетевидная, тысячелистник азиатский и др. В данном сообществе существенно количество сорных и сорно-луговых видов (вьюнок полевой, чертополох курчавый и др.).

В целом все описанные сообщества являются типичными для района исследований. Это в равной степени относится как к сравнительно малонарушенным сообществам, так и к заметно трансформированным и вторичным. Важно отметить, что большая часть фитоценозов района исследований подверглась антропогенной трансформации (без учета воздействия ракетно-космической деятельности).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в ходе почвенно-геохимических и геоботанических исследований данные не выявили изменения химических свойств почв и состояния фитоценозов на территориях Северо-Западного Алтая в районах падения ступеней ракет. Эти данные служат основой для проведения дальнейшего экологического мониторинга состояния экосистем.

С учетом существующей антропогенной трансформации и ранее предложенных критериев [2] описанные участки были разделены на три группы:

— слабопреобразованные: условно малонарушенные, близкие к природным; состав и структура основных ярусов фитоценозов типичны, собственно сорные виды отсутствуют. К этой группе отнесены площадки Р2, Р3, Р6–Р9, Р11. Использование их в качестве мониторинговых является приоритетным;

— среднепреобразованные: наблюдаются изменения в составе и(или) структуре (в том числе экологической) ярусов фитоценозов; присутствуют сорные виды (площадки Р5, Р10, Р12, Р14, Р15). При проведении мониторинговых наблюдений на подобных площадках необходимо учитывать их изначально производный характер и(или) структурные отличия;

— значительно преобразованные: наблюдаются выраженные изменения состава и(или) структуры ярусов фитоценозов (выпадение или появление ярусов, смена доминантов), значительное изменение экологической структуры (в частности, для лесных сообществ — значительное увеличение доли луговых видов), высокое обилие или количество сорных видов. К этой группе отнесены площадки Р1, Р4, Р13 и Р16. Мониторинговые наблюдения на таких площадках требуют строгого учета степени и характера существующих нарушений и их сукцессионного статуса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пузанов А. В., Горбачёв И. В., Архипов И. А. Оценка воздействия РКД на экосистемы Алтае-Саянской горной страны (1998–2010 годы) // Мир науки, культуры, образования. — 2010. — № 5. — С. 262–264.
2. Экологический мониторинг ракетно-космической деятельности. Принципы и методы / Под ред. Н. С. Касимова, О. А. Шпигуна. — М.: Рестарт, 2011. — 472 с.
3. Ландшафты Алтая (Республика Алтай и Алтайский край). Карта м-ба 1:500 000 / Д. В. Черных, Г. С. Самойлова. — Новосибирск: Новосиб. картогр. ф-ка, 2011.
4. Сукачёв В. Н., Зонн С. В. Методические указания к изучению типов леса. 2-е изд. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — 144 с.
5. Методы изучения лесных сообществ / Ред. В. Т. Ярмишко, И. В. Лянгузова. — СПб.: НИИХимии С.-Петербург. ун-та, 2002. — 240 с.
6. Пиковский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводов в окружающей среде. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. — 208 с.
7. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2012 год. — М.: М-во природных ресурсов и экологии РФ, 2013. — 178 с.
8. Почвы Алтайского края / Ред. Н. И. Базилевич, А. Н. Розанов. — М.: Изд-во АН СССР, 1959. — 397 с.
9. Классификация и диагностика почв СССР / Сост. В. В. Егоров, В. М. Фридланд, Е. Н. Иванова и др. — М.: Колос, 1977. — 223 с.
10. Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий. Карта и пояснительный текст / Под ред. Г. Н. Огуревой. — М.: Экор, 1999. — 64 с.
11. Куминова А. В. Растительный покров Алтая. — Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960. — 451 с.
12. Назимова Д. И. Горные темнохвойные леса Западного Саяна. Опыт эколого-фитоценотической классификации. — Л.: Наука, 1975. — 118 с.
13. Огурева Г. Н. Ботаническая география Алтая. — М.: Наука, 1980. — 192 с.
14. Ершова Э. А., Ханминчун В. М. Сообщество сибирки алтайской // Зеленая книга Сибири: редкие и нуждающиеся в охране растительные сообщества. — Новосибирск: Наука, 1996. — С. 145–146.
15. Александрова В. Д., Гуричва Н. П., Иванина Л. И. Растительный покров и природные кормовые угодья Алтайского края (без Горно-Алтайской АО) // Природное районирование Алтайского края. — М.: Изд-во АН СССР, 1958. — С. 135–160.

Поступила в редакцию 25 марта 2014 г.