

УДК 550.42

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ РП-511 ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПУСКА РКН ИЗ СОСТАВА КРК «АМУР» С КОСМОДРОМА «ВОСТОЧНЫЙ»

А.В. Салтыков, С.Н. Балыкин, А.В. Пузанов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail: saltykovav@yandex.ru

Приводятся результаты предварительного ландшафтно-геохимического обследования района падения первой ступени ракет космического назначения из состава КРК «Амур», запускаемых с космодрома «Восточный». Объектами исследования были основные компоненты ландшафта, на которые негативно может повлиять ракетно-космическая деятельность. Определяли основные свойства и состав потенциальных загрязнителей: для почвенного покрова – рН, емкость катионного обмена, содержание гумуса, ионный, гранулометрический и элементный состав; для растительного покрова – элементный состав; для поверхностных вод – рН, температура, содержание нефтепродуктов, ионный и элементный состав. Установлено, что все исследуемые потенциальные загрязнители компонентов ландшафта находятся на уровне предельно-допустимых концентраций.

Ключевые слова: Хабаровский край, Эзоп, Дуссе-Алинь, Буреинский, Буря, поверхностные воды, растения, почвы.

DOI: 10.24411/2410-1192-2020-15608

Дата поступления 17.12.2019

Планируемый район падения первой ступени (РП-511) ракет космического назначения, которые будут запускаться с космодрома «Восточный» по наклону 51,7°, находится на юго-западе Хабаровского края (Верхнебуреинский район) вблизи границы с Амурской областью. По данным наблюдений метеостанций п. Чегдомын, с. Чекунда и пгт. Экимчан климат РП-511 резко континентальный с чертами муссонной циркуляции, он формируется в результате влияния зимнего сибирского антициклона и тихоокеанских летних муссонов. Большое влияние оказывает приподнятость над уровнем моря и большая расчлененность территории, создающие сложные мезоклиматические условия: по мере поднятия по склонам, возрастает контрастность, суровость и влажность климата. Низкая температура воздуха (до –60 °С) и малоснежность (осадки в среднем около 50 мм) в зимний период обуславливают повсемест-

ное формирование вечной мерзлоты и сравнительно короткий вегетационный период. На большей части РП-511 многолетнемерзлые грунты достигают мощности до 70-90 м с глубиной сезонного оттаивания 30-90 см. Продолжительность безморозного периода колеблется от 60 до 100 дней в году.

Гидрографическая сеть РП-511 принадлежит к бассейну р. Буря (приток р. Амур) и представлена верхними участками рек Ниман и Умальта с их притоками (рис. 1). Западная граница бассейна Буреи проходит по хребту Турана, северная – по хребтам Эзоп и Дуссе-Алинь, восточная – по Буреинскому хребту, верхняя часть которого расположена в среднегорье. Высоты Туранского и Буреинского хребтов достигают 1500-2000 м, отметки дна долины в границах РП снижаются от 900 м. В верховье реки (до устья притока Ниман) рельеф пересеченный, высокие водоразделы представлены выровненными голь-

цовыми поверхностями, низкие водоразделы и склоны речных долин покрыты лесом, глубина вреза долины составляет 400-500 м. К устью р. Ниман глубина вреза долины уменьшается до 150-200 м. Ниже слияния Правой илевой Буреи в кремнисто-сланцевых породах сформировались врезанные излучины долины и русла, имеющие петлеобразную форму. В 11 км выше устья р. Умалты при смене сланцев песчаниками и глинами долина становится ящикообразной с плоским днищем, занятым поймой. Русло Буреи разветвленно-извилистое, много вынужденных излучин. Ширина русла достигает 180 м при размахе поймы 2500-3000 м. Валунно-галечный состав русловых отложений постепенно сменяется на галечно-песчаный [1].

Водный режим рек в границах РП-511 зависит в основном от атмосферных осадков в теплый период (50-70 % от общего стока) и частично от снеготаяния во время весеннего половодья (10-20 %). В холодный период водный режим полностью определяется подземным пита-

нием (10-30 %). Другая отличительная черта водного режима – неравномерность распределения стока в течение года. Половодье выражено слабо, т.к. с момента положительных температур на него накладываются дождевые паводки, между которыми наблюдаются кратковременные периоды низких уровней. Средняя продолжительность паводочного периода составляет 140 дней. Летняя межень отсутствует [1].

Геохимию поверхностных вод определяют сложные гидрогеологические условия бассейна р. Бурей, обуславливая значительную пространственно-временную динамику и большой диапазон величин гидрохимических показателей. Реки Ниман и Туюн (правые притоки в верховьях р. Бурей) дренируют восточные склоны хребтов Турана, Дусе-Алинь и Эзоп, которые сложены слаборастворимыми гранитоидами, метаморфизированными и метаморфическими породами, а также отличаются пониженной концентрацией литогенных ионов.

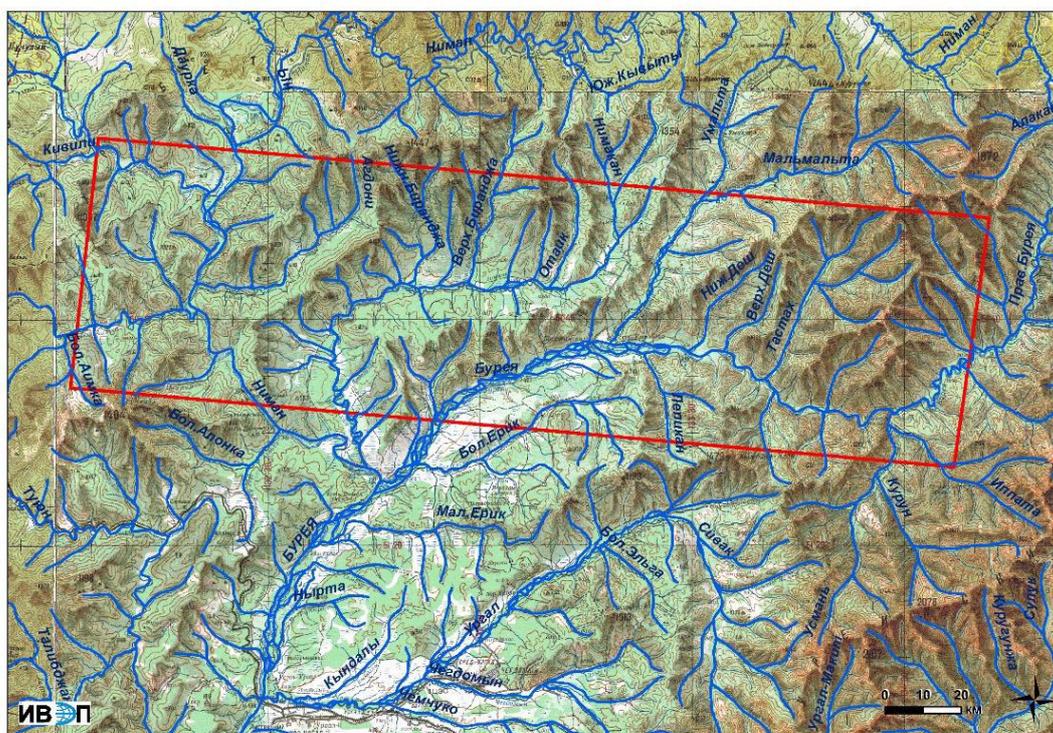


Рис. 1. Гидрографическая сеть в пределах РП-511

В левых притоках, дренирующих западные склоны Буреинского хребта (Ургал, Чегдомын, Дубликан, Солони, Адникан, Тырма, Юрин и др.), сложенного терригенными юрскими и меловыми породами, содержание растворенных веществ значительно повышается по сравнению с правобережными притоками и в среднем изменяется в пределах 41,2-57,1 мг/дм³. Увеличение минерализации происходит не только за счет гидрокарбонатов кальция и магния, но и сульфат-ионов и ионов натрия [2-9]. В результате исследований, проведенных в 2014 г., установлено, что количество нитритов и ортофосфатов в воде рек района падения ниже пределов обнаружения и ПДК в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования; концентрация нитритов существенно ниже ПДК [10]. По содержанию аммония воды рек Нимакан и Ниман умеренно загрязненные, остальных – загрязненные. Концентрация нефтепродуктов в исследуемых поверхностных водах низкая, величина окисляемости (ХПК) соответствует водам рек таежной зоны. Содержание железа в отдельных пробах выше предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.

В горных притоках верхней части бассейна р. Буря при турбулентном перемешивании водных масс, низкой температуре воды и присутствии мерзлоты дефицит кислорода не наблюдается. Наибольшая его концентрация отмечается во время половодья и паводков. В реке Ниман летом при температуре 16,8°C вода может быть перенасыщена кислородом, в летнюю межень его концентрация в воде не опускается ниже 9,0 мг/дм³, а уровень насыщения – ниже 82 %. Зимой с переходом этих рек на грунтовое питание значительное снижение содержания кислорода в воде не зарегистрировано. Его концентрация находится в пределах 9,5-13,4 мг/дм³, а уровень насыщения – 65-95 %.

Основным источником антропогенного влияния на водотоки в РП-511 являются прогнозно-поисковые работы и добыча золота, платины и других полезных ископаемых. Реки бассейна р. Буря расположены в Ниманском рудно-россыпном районе – Софийская площадь, которая расположена в Верхнебуреинском районе Хабаровского края. В пределах этой территории с середины XIX в. ведется добыча россыпного золота, имеется довольно развитая сеть грунтовых дорог. Из других полезных ископаемых известны проявления олова и геохимические аномалии олова, свинца, цинка, меди, мышьяка. В зоне разработки золоторудных месторождений нарушается гидрологический режим рек, увеличивается сток взвешенных наносов, что ведет к обеднению водной флоры и фауны, ухудшению экологического состояния рек. Загрязнение речных вод в районах добычи происходит в результате усиления физического и химического выветривания отвалов горных пород и применения химических веществ (цианид натрия, хлорная известь и др.) для переработки пород. Отмечено увеличение стока растворенных веществ в русловую сеть как в период эксплуатации месторождений, так и после их отработки. Горные работы в карьерах и штольнях приводят к окислению сульфидных минералов в отвалах, поступлению больших количеств сульфатных ионов в речную сеть. Наряду с этим водотоки обогащаются ионами натрия, кальция и магния вследствие сернокислого выщелачивания вскрышных пород. Поэтому речные воды характеризуются более высоким содержанием сульфатного иона и минерализацией воды (до 98,5 и 180 мг/дм³, соответственно). Наиболее заметно влияние шахтных вод на качество воды рек проявляется при низких расходах воды. Загрязнение продуктами выветривания отходов горнорудного производства наблюдается и на реках более высоких порядков. Использование взрывчатых

веществ при вскрышных работах вызывает увеличение содержания нитратного и нитритного азота (до 3,7 и 0,02 мгN/дм³, соответственно). Применение в технологическом процессе для извлечения золота больших количеств цианида натрия, хлорной извести, едкой щелочи и других веществ может вызывать появление вод с высоким содержанием иона натрия и хлоридного иона, нитратного и нитритного азота, вод хлоридно-натриевого состава. В наибольшей степени это влияние проявляется в воде ручьев, которые дренируют хвостохранилища [11].

Согласно новейшему флористическому районированию [12] территория РП-511 относится к Буреинскому району Амуро-Сахалинской провинции Бореальной области Бореального подцарства Голарктического царства. Согласно природному зонированию – это южная часть подзоны светлохвойных лесов зоны хвойных (таежных) лесов [13].

Восточная граница РП-511 почти соприкасается с западной границей Государственного природного заповедника «Буреинский», растительный покров которого сравнительно хорошо изучен [14-19] и может служить эталоном для окружающих территорий при характеристике флоры и растительности. Так, сводный список сосудистых растений заповедника и его охранной зоны включает 509 видов из 212 родов и 69 семейств, в т.ч.: 33 вида сосудистых споровых из 14 родов 11 семейств; 6 видов голосеменных из 5 родов и 2 семейств; 145 видов однодольных цветковых из 44 родов и 8 семейств; 325 видов двудольных цветковых из 149 родов и 48 семейств. Ведущие по видовому богатству семейства: *Cyperaceae* (65 видов), *Asteraceae* (46), *Rosaceae* (38), *Poaceae* (36), *Ranunculaceae* (30), *Salicaceae* (21), *Ericaceae* (20), *Liliaceae* (16) и *Juncaceae* (16), *Caryophyllaceae* (14), *Saxifragaceae* (13), *Brassicaceae* (10), *Fabaceae* (10) и *Scrophulariaceae* (10) [20]. Изучение мхов выявило для верхней части бас-

сейна р. Бурей 289 видов из 137 родов [21]. Большинство из них собрано на территории заповедника и в его окрестностях.

На территории заповедника и его охранной зоны произрастает 116 видов лишайников. Наиболее широко представлены роды *Cladonia*, *Hypogymnia*, *Pertusaria* и *Usnea*. Несколько большие показатели таксономического богатства в силу большей площади и аналогичных природных условий свойственны и территории РП-511.

В растительном покрове территории РП-511 хорошо выражена высотная поясность, которая относится к океаническому типу, что обусловлено влиянием воздушных масс тихоокеанского летне-осеннего муссона. Выделяются три высотных пояса: гольцовый, подгольцовый и лесной (горно-таежный).

В восточной части РП-511 наиболее выражены гольцовый и подгольцовый высотные пояса. В гольцовом поясе по наиболее высоким вершинам преобладают каменистые кустарничково-лишайниковые, реже кустарничково-моховые тундры и эпилитно-лишайниковая растительность скал и курумников, отдельные луговые группировки высокогорных видов. Набор высших растений в горной тундре довольно скуден: *Rhododendron parvifolium*, *Artemisia lagocephala*, *Luzula parviflora* и др. Пологие склоны и каменистые плато занимает лишайниковая или ягельная тундра, не имеющая кустарникового яруса. Преобладает *Cetraria nivalis* и др. Лишь кое-где в углублениях встречаются *Sorbaria pallasii*, *Ribes triste* в редком кустарничково-травяном ярусе единично отмечается *Polygonum viviparum*. Повышенная роль лишайников и моховых синузий – древняя черта высокогорных ландшафтов (гольцов) северных побережий Тихого океана. Несколько ниже, на умеренно увлажненных супесчаных почвах с включениями камней, на смену лишайниковой приходит ерниково-лишайниковая тундра. Кустарниковый

ярус из *Betula divaricata*, *Ledum palustre*, *Sorbaria pallasii* и других покрывает 30-60 % почвы. В слабо развитом кустарничково-травяном покрове чаще других встречаются *Vaccinium vitis-idaea*, *Hierochloë alpina*, *Empetrum nigrum*, *Cassiope ericoides*, *Carex rigidioides*, *Luzula nivalis*. Чем ближе к гольцовому поясу, тем сильнее меняются размер и габитус кустарников; появляются обширные поляны с травянистыми и кустарничковыми синузиями. На северных склонах, на более прикрытых и выровненных площадках, встречаются небольшие участки ерничково-моховой тундры с *Vaccinium vitis-idaea*, *Pyrola incarnata*, *Linnaea borealis*, ягелями рода *Cladonia*, на переувлажненных местах – *Sphagnum*. В гольцовом и подгольцовом поясах около снежников, сохраняющихся до середины лета, отмечается особый вариант альпийских лугов – нивальные (приснежные) лужайки с *Angelica saxatilis*, *Pulsatilla ajanensis*, *Trollius riederianus*, *Viola biflora*, *Primula cuneifolia*, *Potentilla elegans*, *Pentaphylloides fruticosa*, *Rhododendron aureum*, *Empetrum sibiricum*, *Ribes triste*.

В подгольцовом поясе (1200-1500 м над ур. м.) распространены с заросли кедрового стланика (*Pinus pumila*) и пятна кустарничково-моховых, кустарничково-лишайниковых тундр в сочетании с редкостойными лиственничными (*Larix cajanderi*), еловыми (*Picea ajanensis*) и смешанными лесами и редколесьями, местами с участием *Betula lanata*, которая также образует в подгольцовом поясе и верхней высотной полосе лесного пояса самостоятельные небольшие рощи. Кедровый стланик в тех или иных количествах присутствует в подлеске почти всех лесных формаций. В то же время самостоятельные насаждения он образует лишь в строго определенных границах и экологических условиях. Высотные границы его распространения колеблются от 800 до 1000-1600 м над ур. м. Из кустарников ему сопутствуют *Duschekia kamtscha-*

tica, *Betula divaricata*, а в верхнем ярусе гор – *Rhododendron aureum*. В нижнем ярусе зарослей кедрового стланика встречаются *Vaccinium vitis-idaea*, *Ledum palustre*, *Dryopteris fragrans*, *Cassiope ericoides*, *Cassiope redowskyi*, *Cassiope tetragona*, *Claytonia eschscholtzii*, *Claytonia soczaviana* и др. Напочвенный покров развит хорошо и состоит из зеленых мхов и лишайников. Последние преобладают. Пожары являются губительными для зарослей кедрового стланика, возобновление его происходит медленно, вследствие этого исходный ценоз может не восстановиться. Заросли кедрового стланика имеют большое почвозащитное и водоохранное значение, препятствуют развитию эрозионных процессов в горах. Кроме того, его орехи являются основным кормом пушных зверей (белка, соболь и др.).

В верхней полосе лесного пояса относительно пологие склоны и вершины занимают лиственничные леса с примесями других пород. Во втором ярусе этих лесов часто произрастает кедровый стланик. Травянистый покров состоит из тенелюбивых растений, а почва покрыта сплошным моховым ковром. Изредка у верхней границы леса встречаются сообщества ольховника кустарничкового (*Duschekia fruticosa*).

На крутых склонах произрастают еловые зеленомошные леса (с участием березы каменной – *Betula lanata* и лиственницы Каяндера – *Larix cajanderi*), а по световым склонам – разнотравные леса. Еловые леса из ели аянской (*Picea ajanensis*) занимают сравнительно небольшие площади и тянутся от верхней границы леса до уреза рек отдельными островками преимущественно в распадках. Местами они занимают неширокие полосы крутых нижних частей склонов, тянутся от подгольцовой седловины, образуя более или менее широкую полосу леса, веерообразно расширяются в водосборных воронках истоков горных ручьев. Общая черта мест произрастания ельников – достаточное (до не-

сколько избыточного) увлажнение при хорошем дренаже. Лучше других сохранились от пожаров прирубевые хвощово-папоротниковые ельники. Обычно они занимают лишь узкую полосу (30-40 м шириной) со свежей, легко суглинистой почвой на наклонном плоском днище долины между крутыми склонами. Поверхность днища часто неровная, с крупными камнями, рытвинами и вывернутыми с корнем деревьями. Второй ярус древостоя образован более молодыми елями с примесью березы плосколистной (*Betula platyphylla*). В травяном покрове выделяются пышные группы *Athyrium filix-femina*, *Aruncus asiatica*, *Cacalia hastata*; заметна примесь *Equisetum spp.* На более пологих склонах располагаются папоротниково-зеленомошные ельники. Им свойственна небольшая примесь лиственницы в господствующем пологе. Во втором ярусе встречается береза, в подлеске – изредка рябина, смородина, иногда ольховник и бузина. Вдоль ручьев тянутся узкие полосы рябинника. Травяной покров редкий, на северных склонах состоит из *Gymnocarpium jessoense*. В понижениях всюду рассеяны представители таежного мелкотравья – *Linnaea borealis*, *Mitella nuda*, *Trientalis europaea*, *Pyrola incarnata* и др. Сплошной моховой покров мощностью до 11 см образует *Hylocomium proliferum* с небольшой примесью других зеленых мхов.

В средней полосе лесного пояса доминируют лиственничные (*Larix cajanderi*) с елью и березой багульниково- и кустарничково-зеленомошные (*Ledum palustre*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Empetrum nigrum*) леса. На покатых склонах, хорошо увлажненных за счет стока, располагаются лиственничники вейниково-разнотравные, в которых подлесок практически отсутствует. В нижней полосе лесного пояса – березово-лиственничные зеленомошные, по световым склонам – разнотравные, леса. Здесь распространена уже береза

плосколистная (*Betula platyphylla*), которая встречается обычно в виде небольшой примеси, а значительную роль играет в основном в послепожарных лиственничных лесах и редколесьях, местами она преобладает в древостое и формирует фрагменты березников, которые чаще всего являются вторичными и кратковременными. Обычно они покрывают площади пожарищ на месте лиственничных лесов. Оставшиеся после пожара лиственницы образуют верхний полог древостоя, тогда как береза и осина входят во второй полог. Подлесок и кустарничково-травяной ярус развиты хорошо и представлены теми же видами, которые составляли эти ярусы в исходном ценозе.

В средних и нижних частях горных склонов и в котловинообразных расширениях долин распространены горные лиственничные леса с развитым кустарничковым ярусом. Лиственничные багульниковые леса занимают все более пологие, как правило, заболоченные склоны, чему способствует сплошной моховой покров. Невысокие выположенные поверхности занимают лиственничные, часто заболоченные леса (мари). Самые пологие поверхности в котловинообразных расширениях долин, а также речные террасы, исключая их более дренированные части, заняты сфагновыми лиственничными марями.

По глубоко врезанным долинам малых рек развиты елово-лиственничные и лиственничные леса. Долинные лиственничники занимают как достаточно увлажненные, но хорошо дренированные и аэрированные местообитания речных пойм, так и избыточно увлажненные холодные, где вечная мерзлота залегает глубоко. Второй ярус древостоя образуют *Picea ajanensis*, *Abies nephrolepis*, *Betula platyphylla*; подлесок состоит из мезофильных пойменных кустарников: *Cornus alba*, *Spiraea salicifolia*, *Sorbus amurensis*; кустарничково-травяной покров из мезофильных

растений (папоротников, вейника и др.) развит сравнительно слабо.

По широким выработанным долинам средних и крупных рек распространены прирусловые первичные серийные чистые и смешанные леса из *Chosenia arbutifolia* и *Populus suaveolens*, к которым на более поздних стадиях сукцессий примешиваются ель, пихта и лиственница. Главным фактором, направляющим развитие и смены серийных лиственных лесов, является деятельность рек. Песчаные наносы населяют в первую очередь *Salix cardiophylla*, *Salix schwerinii*, *Salix udensis*, *Salix rorida*. На более мощных песчаных наносах, а также на галечниках, поселяются чозения и тополь. Тополевые и чозениевые леса находятся в зоне влияния паводков, и травяной покров в них развит слабо. Чаше других в них отмечаются *Poa palustris*, *Senecio cannabifolius*, *Oxytropis spp.* и др. Спелые тополевики, расположенные на участках долины, вышедших из зоны затопления рекой, имеют более богатый видовой состав сформировавшихся нижних ярусов с преобладанием вейника Лангсдорфа. Следующая стадия развития тополевинок – смешанные леса из тополя и лиственницы. Они являются переходными между тополевиноками и долинными лиственничниками. Местами в понижениях рельефа к долинным темнохвойным, тополевым, реже к лиственничным лесам примешивается *Abies nephrolepis*. Из других древесных пород в лесах пойм и надпойменных террас долин встречаются *Alnus hirsuta* и *Picea obovata*.

Эти долинные леса сочетаются с вейниковыми, разнотравно-вейниковыми лугами, местами осоково-пушицевыми низинными болотами, кустарничково-сфагновыми лиственничными марями. Низинные болота эутрофного типа занимают небольшие площади. На них выделяется одна ассоциация – осоково-пушицевая (*Carex schmidtii* и *Eriophorum vaginatum*). Единично в их составе встречаются *Menyanthes triflo-*

liata, *Pedicularis resupinata*, *Lythrum salicaria* и др.

Территория РП-511 находится в зоне горных буротаежных, горных буротаежных иллювиальных, подзолов и болотных почв. Характерной особенностью почв является их маломощность. На горных склонах мощность почвенного покрова обычно не превышает 10-25 см и наполовину состоит из обломков горных пород.

Иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые подзолы формируются в лесотундре и таежно-лесной зоне на отложениях легкого гранулометрического состава. Горизонт О – маломощная (3-8 см) слабо оторфованная подстилка из отмерших мхов, опада кустарничков и хвои; АО – мощностью 1-3 см полуразложившийся, в нижней части перегнойный, с примесью осветленных отмытых от железистых пленок зерен минералов; А₂ – сильно осветленный, часто белесый, обедненный валовыми и подвижными (аморфными и окристаллизованными) формами R₂O₃; горизонт В_t или В_{f,h} охристо-бурый или коричневато-охристый содержит от 1 до 3 % вымытого фульватного гумуса, с четкой аккумуляцией валовых и аморфных органо-минеральных соединений железа и алюминия или их гидроксидов.

Под горными темнохвойными лесами формируются горные буротаежные иллювиально-гумусовые почвы. Из-за плотной, мощной и влажной, преимущественно хвойной подстилки, препятствующей испарению почвенной влаги, они характеризуются повышенной кислотностью: рН этих почв варьирует от 4,3 до 5,3. Также для них отмечено более высокое, чем в бурых лесных почвах, содержание подвижного азота, железа и водорастворимых органических веществ. Горные буротаежные мерзлотные почвы приурочены к склонам и вершинам, где произрастают лиственничные леса. Гумусово-иллювиальные горно-таежные относятся к почвам

верхнего пояса горных ельников. Мерзлотные таежные торфянисто-глеевые почвы развиты на предгорных участках при переходе от маревых зарослей к склонам под багульниковыми лиственничниками.

Болотные почвы приурочены к долинно-равнинным элементам рельефа, развиваются в условиях избыточного увлажнения при отсутствии или слабом дренаже территорий. Содержат много не перегнивших растительных и животных остатков. Дерновые аллювиальные почвы приурочены к поймам рек. Торфянисто-болотные почвы распространены на заболоченных лиственничниках с влаголюбивой растительностью. Иловато-дерновые слоистые почвы аллювиального происхождения приурочены к заливным поймам рек и елово-тополевым зарослям.

На поверхности вершин и склонов сопек почвы каменистые в различной

степени. Под слабооторфованной подстилкой (2-5 см) залегает прокрашенный вымытым иллювиальным гумусом темно-коричневый суглинисто-щебнистый горизонт. В мощность 6-10 см, постепенно переходящий в сильнокаменистый, обогащенный щебнем элювий и элювио-делювий плотных осадочных, метаморфических и вулканических пород. Почвы характеризуются высокой гумусированностью мелкозема с содержанием гумуса 8-10 %, аккумуляция которого в горизонте B_h сопровождается закреплением несиликатных форм R_2O_3 . Реакция почв – сильноокислая ($pH_{\text{сол}}$ 3,6-3,8) гидролитическая кислотность высокая (20-50 ммоль/100 г почвы).

Эколого-геохимические исследования в РП-511 выполнены на пяти площадках. Схема их расположения в районе представлена на рисунке 2.

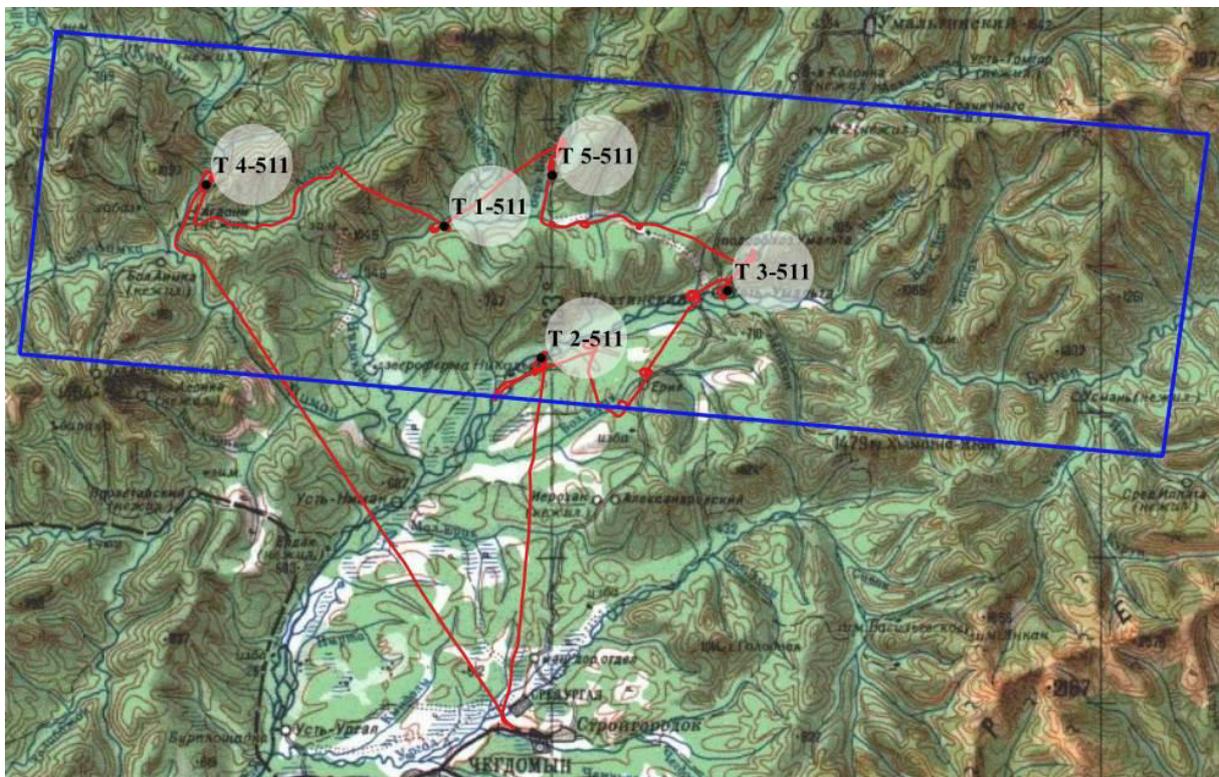


Рис. 2. Карта-схема расположения площадок эколого-геохимических исследований и отбора проб в РП-511

Т. 1-511/19 – долина р. Нимакан, правый берег; пойменный смешанный ольхово-ивовый лес.

Т. 2-511/19 – долина р. Буря, правый берег, пойма; лиственный зеленомошный лес с примесью березы.

Т. 3-511/19 – долина р. Умалыта, левый берег, борт коренного берега; еловый зеленомошный лес с примесью березы.

Т. 4-511/19 – долина р. Ниман, правый берег; пойменный пихтово-еловый кустарниковый лес.

Т. 5-511/19 – долина р. Верх. Биранджа, левый берег, борт коренного берега; лиственный мохово-багульниковый лес. Склон юго-западной экспозиции.

Эколого-геохимическая оценка почвенного покрова

Реакция почвенного раствора исследованных почв РП-511 меняется в диапазоне от кислой до слабокислой: от 3,6 до 5,3 (табл. 1). Верхние значения pH обнаружены в минеральных горизонтах, наиболее низкие – характерны для органических горизонтов. Поверхностные

горизонты отличаются высоким уровнем емкости катионного обмена (до 50-90 мг-экв/100 г почвы), которая падает с глубиной до 19-30 мг-экв/100 г почвы. Содержание минеральных форм азота низкое (<0,1-30,2 мг/кг нитратов и 0,2-1,1 мг/кг нитритов), за исключением образца 1-511/19 (0-5 см), где обнаружены повышенные концентрации (526,5 ± 115,8 мг/кг) нитратов, что составляет более 4 ПДК. Обменного аммония в почвах РП-511 содержится от 13,7 до 53,5 мг/кг, и профиль его распределения имеет выраженный аккумулятивный характер. Содержание фосфатов варьирует незначительно (11,3-13,8 мг/кг).

Гранулометрический состав исследуемых почв, преимущественно, супесчаный (табл. 2). Только образцы 3-511/19 (20-30 см) и 5-511/19 (55-65 см) имеют более тяжелый гранулометрический состав (средний и легкий суглинки, соответственно). Почвы РП-511 имеют низкую минерализацию. Состав водорастворимых солей преобладает гидрокарбонатно-кальциевый (табл. 3).

Таблица 1

Свойства и ионный состав почв РП-511

Шифр пробы	Глубина, см	NO ₃ ⁻ , млн ⁻¹	NO ₂ ⁻ , мг/кг	Гумус, %	P ₂ O ₄ , мг/кг	NH ₄ ⁺ (обм.), млн ⁻¹	ЕКО, мг-экв/100 г	pH, ед. pH
1-511/19	0-5	526,5	1,1	6,4	13,8	37,8	49,6	4,7
1-511/19	5-10	<0,1	0,2	0,9	13,5	13,7	19,2	5,3
2-511/19	0-10	10,7	0,4	4,8	14,8	8,5	60,8	4,3
2-511/19	20-30	10,2	0,4	2,8	12,1	38,4	28,8	4,6
3-511/19	20-30	10,1	0,5	4,1	12,1	17,3	27,2	4,2
4-511/19	0-5	21,3	0,5	7,5	11,3	50,4	46,4	4,9
5-511/19	40-55	30,2	0,8	5,4	<10	53,5	72,0	3,6
5-511/19	55-65	9,7	0,2	4,7	11,3	29,6	41,6	4,2

Таблица 2

Гранулометрический состав почв РП-511, %

Шифр пробы	Глубина, см	Размер частиц, мм						
		1,00-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,010-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
1-511/19	0-5	18,7	57,6	13,4	6,2	1,7	2,4	10,3
1-511/19	5-10	73,4	20,3	3,0	1,8	1,5	<0,01	3,3
2-511/19	0-10	2,7	48,3	31,7	10,1	4,6	2,6	17,3
2-511/19	20-30	3,2	54,6	25,9	7,0	7,0	2,3	16,3
3-511/19	20-30	0,6	31,4	36,3	14,1	13,0	4,6	31,7
4-511/19	0-5	2,8	66,2	21,0	6,8	0,2	3,0	10,0
5-511/19	40-55	20,4	35,1	27,0	2,8	9,8	4,8	17,5
5-511/19	55-65	1,0	48,4	23,0	14,9	5,6	7,1	27,6

Кларк алюминия в земной коре составляет 8,05 %. Концентрации алюминия в исследуемых почвах соответствуют его кларку в почвах мира, варьируя от 8517 до 102827 мг/кг (табл. 4). Низкие значения содержания алюминия характерны для органогенных горизонтов. Наиболее высокие его концентрации обнаружены в свежем аллювии (4-511/19 – глубина 0-5 см). Содержание алюминия в почвах не нормируется.

Кларк железа в почвах – 3,8 %, в биосфере – 2,2 %. Железо имеет высокую почвофильность (0,08-1,00), но не нормируется. В исследуемых почвах его содержание соответствует кларку. Кислые почвы более обогащены растворимым неорганическим железом, чем нейтральные и щелочные. Концентрация этого элемента закономерно увеличивается по мере снижения размеров почвенных частиц – от песчано-пылеватых (0,8 %), пылеватых (1,0 %), мелкопылеватых (3,6 %) до глинистых (9,2 %). Накопление железа происходит в анаэробных условиях при участии микроорганизмов.

Кадмий редкий (кларк 0,000016 %), рассеянный, сильно токсичный, металл. Среднее фоновое его содержание в почвах различных стран составляет от 0,01 до 2,4 мг/кг. Содержание металла в пахотных почвах вблизи никелевых рудников достигает 45 мг/кг. Концентрацию кадмия порядка 1700 мг/кг обнаружили в США в почвах возле цинкоплавильного завода. По данным Российского геоэкологического центра, содержание элемента в почвах г. Санкт-Петербурга колеблется от 0,01 до 397,60 мг/кг, что в среднем составляет 0,94 мг/кг. Разработаны ОДК для кадмия – 1 класс опасности (валовое содержание суммы всех форм, мг/кг) для разных групп почв: песчаные и супесчаные – 0,5, кислые суглинистые и глинистые, $pH_{KCl} < 5,5-1,0$, близкие к нейтральным и нейтральные, суглинистые и глинистые, $pH_{KCl} > 5,5-2,0$. Концентрации кадмия в почвах исследуемого региона повсеместно превышают эти значения и колеблются в пределах от <0,05 до 7,7 мг/кг.

Таблица 3

Состав водорастворимых солей в почвах РП-511, мг/кг

Шифр пробы	Глубина, см	Ионы						Минерализация
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	
1-511/19	0-5	14,0	28,4	80,0	36,0	152,5	<21	310,9
1-511/19	5-10	10,5	22,8	10,0	<6,0	<42,7	<21	91,6
2-511/19	0-10	17,5	43,5	40,0	48,0	183,0	<21	332,0
2-511/19	20-30	38,5	32,2	40,0	12,0	91,5	<21	220,4
3-511/19	20-30	7,0	15,2	80,0	24,0	122,0	<21	248,2
4-511/19	0-5	21,0	15,2	60,0	12,0	122,0	<21	230,2
5-511/19	40-55	28,0	24,6	60,0	36,0	183,0	<21	331,6
5-511/19	55-65	7,0	15,2	10,0	<6,0	61,0	<21	116,6

Таблица 4

Элементный состав почв РП-511, мг/кг

Шифр пробы	Глубина, см	Al	Fe	Cd	K	Mg	Mn	Cu	Ni	Pb	Zn	Li
1-511	0-5	59406	20633	5,70	8007	5194	615	<0,1	11,0	0,48	84,0	43,0
1-511	5-10	75373	14572	4,40	12455	3294	252	12,1	3,3	9,7	63,0	37,0
2-511	0-10	73581	25156	7,60	8038	6766	768	10,0	8,0	15,6	78,0	58,0
2-511	10-20	16918	9814	3,70	1887	2283	391	17,2	19,4	23,5	258,0	10,0
2-511	20-30	74161	25636	7,70	9116	6676	555	5,5	6,4	<0,1	75,0	59,0
3-511	0-10	9449	4491	<0,05	1429	1198	1464	<0,1	<0,1	11,9	145,0	4,8
3-511	10-20	41974	22789	2,60	4633	3445	338	13,2	20,0	16,9	190,0	29,0
3-511	20-30	94843	50637	2,80	9091	8358	700	15,5	35,0	17,9	180,0	97,0
4-511	0-5	102827	39502	<0,05	9721	8012	923	7,0	23,7	<0,1	156,0	78,0
5-511	20-40	8517	3689	<0,05	1123	787	111	<0,1	<0,1	<0,1	85,0	4,0
5-511	40-55	43325	17805	4,30	4836	1768	148	1,4	<0,1	6,7	41,9	34,0
5-511	55-65	78509	21603	0,10	10591	3005	207	8,5	19,7	<0,1	111,0	82,0

Калий. Валовое содержание элемента в образцах почв на площадках эколого-геохимических исследований в РП-511 варьирует в широких пределах: 787-8358 мг/кг.

Марганец в почвах распространен широко и играет большую роль в формировании их химического состава. Для валового Mn свойственна высокая пестрота содержания в педосфере [22-23]. Для него характерна резко выраженная тенденция к биогенной аккумуляции в гумусовых горизонтах [24-26]. В пробах почв РП 511 содержание марганца варьирует преимущественно от 111 до 1464 мг/кг, приближаясь к его ПДК в почвах.

Медь в почвах является относительно малоподвижным элементом, т.к. легко образует труднорастворимые сульфиды, карбонаты, гидроксиды. Она накапливается в поверхностных гумусовых горизонтах. Аккумуляция в верхних горизонтах – обычная черта распределения Cu в почвенном профиле, что является результатом действия разных факторов. Прежде всего концентрация элемента в верхнем слое почвы отражает ее биоаккумуляцию, а также современное антропогенное влияние. В речных осадках она приурочена к мелкой фракции (<0,001 мм), а среди новообразований почв избирательно концентрируется в железистых (до 150 г/т), хотя распространена также в марганцевых, карбонатных и гипсовых [27]. В почвах РП 511 содержание меди находится в пределах <0,1-17,2 мг/кг и не превышает предельных нормативов для почв.

Никель. Содержание элемента в почвах РП-511 составляет <0,1-35 мг/кг при ОДК 20-80 мг/кг. Максимальное значение его концентрации обнаружено в суглинистом образце площадки 5-511. В супесчаных и органогенных горизонтах его содержание заметно ниже. Кабата-Пендиас (1989) приводит среднее содержание никеля в почвах 20 мг/кг, по данным А.П. Виноградова – до 40 мг/кг [28]. Таким образом, исследуемые поч-

вы характеризуются пониженным уровнем содержания никеля.

Свинец. ПДК валовых форм элемента (мг/кг): песчаные и супесчаные – 32,0, кислые (pH < 5,5) глинистые и суглинистые – 65,0, близкие к нейтральным, нейтральные (pH > 5,5) глинистые и суглинистые – 130,0. Распределение свинца по профилю почв неравномерно и специфично для разных их типов. Заметное снижение его содержания наблюдалось в элювиальном слое светлых лесных почв, а обогащенными являлись иллювиальный или перегнойно-аккумулятивный горизонт; часто обогащены участки с повышенным содержанием илистой фракции. [27]. В почвах РП-511 содержание свинца существенно варьирует и составляет <0,1-23,5 мг/кг.

Цинк в почвах широко распространен и легкоподвижен (Zn^{2+}). Однако даже в наиболее благоприятных для его миграции кислых средах он быстро сорбируется минеральными (особенно алюминий, железо и марганец) и органическими компонентами. Его накопление обычно происходит в поверхностных горизонтах почв (А и В). Концентрации цинка в почвах РП-511 колеблются в широких пределах: от 75 до 258 мг/кг. Для супесчаных почв это повышенное содержание, превышающее ОДК (55 мг/кг).

Литий. Содержание элемента в почвах РП-511 составляет 4,0-97,0 мг/кг, такое варьирование связано прежде всего с неоднородностью почвенного покрова исследуемой территории по гранулометрическому составу и содержанию органического вещества. По литературным данным [27] интервал содержания лития в почвах различных стран составляет от 1,2 до 120 мг/кг.

Эколого-геохимическая оценка поверхностных вод

Значение pH в речных водах обычно варьирует в пределах 6,5-8,5. Для поверхностных вод, содержащих небольшие количества диоксида углерода, характерна щелочная реакция [29]. Воды исследуемых рек по показателю pH яв-

ляются нейтральными – рН в пределах 6,5-7,5 ед. (воды р. Нимакан – слабо-кислые).

Солевой состав природных вод, как правило, определяется катионами кальция, магния, натрия, калия и анионами – гидрокарбонатами, хлоридами, сульфатами. Остальные ионы присутствуют в значительно меньших количествах, они не влияют на химический тип воды. По классификации О.А. Алёкина [30] воды рек районов падения – гидрокарбонатные кальциевой группы (табл. 5). По величине общей минерализации (определена как сумма сухого остатка и гидрокарбонатов) воды рек относятся к категории ультрапресных (минерализация не более 0,2 г/дм³) природных вод.

Количество нитритов ниже аналитического порога метода определения. Аммоний обнаружен в воде всех рек (за исключением р. Умальта), что свидетельствует о наличии загрязнения, при этом в воде р. Ниман количество иона

не отвечает требованиям, предъявляемым к качеству воды водных объектов рыбохозяйственного значения. Превышения ПДК соединения в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ГН 2.1.5.1315-03) в водах нет.

Величина химического потребления кислорода (ХПК) является одним из основных показателей степени загрязнения воды органическими соединениями, изменяется в пределах от долей миллиграммов до десятков миллиграммов в литре [29]. ХПК в воде для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий не должно превышать 15 мгО₂/л, для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест – 30 мгО₂/л [31]. Пробы воды р. Ниман соответствуют только менее строгому нормативу, вода остальных рек по величине ХПК отвечает всем нормам.

Таблица 5
Свойства и химический состав поверхностных вод, дренирующих РП-511

Показатели	1-511/19	2-511/19	3-511/19	4-511/19	5-511/19
	<i>Физические</i>				
рН, ед	6,23	6,81	6,86	6,82	6,80
Температура, °С	12,0	14,0	13,0	12,0	13,0
	<i>Химические, мг/дм³</i>				
CO ₃ ²⁻	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
HCO ⁻	33,6	78,1	83,0	70,2	80,6
Cl ⁻	<10	11,3	<10	<10	<10
SO ₄ ²⁻	<10	<10	<10	<10	<10
Ca ²⁺	6,30	5,34	6,17	4,47	7,00
Mg ²⁺	1,40	1,10	1,29	0,84	1,42
Na ⁺	2,13	1,60	2,00	1,60	2,20
Сухой остаток	52	<50	<50	72	<50
NO ²⁻	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
NO ³⁻	0,79	0,76	0,85	1,12	0,89
NH ₄ ⁺	0,30	0,18	<0,05	0,54	0,20
PO ₄ ³⁻	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
ХПК	13,3	12,2	13,3	25,5	17,3
Нефтепродукты	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02
Fe	0,14	0,08	<0,05	0,26	0,11
Cd	0,0003	0,0006	0,0002	0,0004	0,0005
Mn	0,007	0,006	0,002	0,006	0,003
Cu	0,0088	0,0121	0,0133	0,0106	0,0136
Ni	<0,001	0,002	0,001	0,003	0,002
Pb	0,002	0,003	<0,001	0,002	<0,001
Zn	<0,005	<0,005	0,007	<0,005	0,005
Al	0,019	0,299	0,288	0,397	0,309
K	0,270	0,316	0,550	0,291	0,460
Li	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Примечание: 1-511/19 – р. Нимакан; 2-511/19 – р. Буря; 3-511/19 – р. Умальта; 4-511/19 – р. Ниман; 5-511/19 – р. Верх. Биранджа; н.о. – не обнаружено.

Нефтепродуктами ни одна из исследованных проб не загрязнена. Превышение ПДК химических веществ в воде водных объектов рыбохозяйственного значения, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования отмечено для алюминия в четырех пробах (исключение – вода р. Нимакан). Содержание меди во всех пробах и железа в трех (вода рек Нимакан, Ниман и Верх. Биранджа) выше предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Наиболее загрязненной является вода р. Ниман.

Эколого-геохимическая оценка растительного покрова

Алюминий. Содержание элемента в высших растениях составляет около 200 мг/кг сухой массы, но оно широко варьирует в зависимости от почвенных и растительных факторов. Некоторые виды растений могут содержать более 1000 мг/кг алюминия. В растениях РП-511 содержание алюминия существенно выше (474-39249 мг/кг). Наиболее высокие его концентрации обнаружены во мхах (табл. 6).

Железо. Содержание элемента в растениях, считающееся нормальным, по В.В. Ковальскому, составляет 28-250 мг/кг, пределами нижнего порога токсичности – 11-115 мг/кг, верхнего порога – >250 мг/кг. В растениях РП-511 концентрации железа варьируют от 109

до 20626 мг/кг. Максимальные значения также характерны для мхов.

Кадмий. Нормальное содержание элемента в растениях 0,05-0,20 мг/кг воздушно-сухой массы, предположительно максимальное – 3 мг/кг. Фоновые уровни содержания его в растениях разных стран весьма низки и сходны: в злаковых травах – в пределах от 0,07 до 0,27 мг/кг, в бобовых – от 0,08 до 0,28 мг/кг. Концентрация кадмия в совокупной выборке лекарственных растений Алтая колеблется в пределах 0,004-0,4 мг/кг. В РП-511 максимальные значения обнаружены в багульнике (5,3 ± 2,7 мг/кг). Высокими концентрациями кадмия отличаются и мхи (0,9-3,1 мг/кг).

Калий. Его кларк в живом веществе составляет 0,3 %. Калий входит в триаду наиболее биологически дефицитных элементов (N, P, K). При довольно высокой средней биофильности, ее проявление в разных природных зонах нашей страны различно: тундровая – 0,42, лесная – 0,53, степная – 0,9, пустынная – 0,77. В золе некоторых организмов очень много калия: грибы – до 28,4 %, папоротники – до 35,4-69, хвощи – до 19 %. В семействах высших растений: лилейные – 30,7 %, зонтичные – 28,4, бобовые – 27, крестоцветные – 23, гречишные – 25 и злаковые – 23 %. Относительно бедна элементом зола лишайников, плаунов, голосемянных, вересковых, мхов (8 %), маревых (12 %). В исследованных растениях РП-511 содержание калия составляет 1713-7461 мг/кг на сухое вещество (0,17-0,74 %).

Таблица 6

Элементный химический состав растений в РП-511, мг/кг

Шифр пробы	Злаковые		Мох			Багульник
	1-511	2-511	3-511	4-511	5-511	5-511
Al	7509	15071	1422	39249	1610	474
Fe	3896	8163	926	20626	1980	109
Cd	0,39	1,58	1,52	3,10	0,85	5,30
K	7461	4400	2783	5531	2250	1713
Li	4,1	12,4	1,0	34,0	1,0	0,2
Mg	2177	2607	1199	4902	1009	1216
Mn	292	658	556	1060	1055	1661
Cu	8,2	15,0	5,2	9,5	1,6	11,6
Ni	11,6	11,3	9,5	17,8	7,9	18,4
Pb	0,7	6,1	4,9	12,0	1,7	25,3
Zn	75	60	62	221	47	44

Литий. Его кларк для живого вещества оценен величиной 0,00006 %. Растения поглощают литий в различной степени. Т.Ф. Боровик-Романова с соавторами [32] подсчитали показатели биологического поглощения (зола/почва). Высокое его значение – 0,8 установлено для семейства Solanaceae, некоторые виды которого растут в аридной зоне и накапливают >1 г/кг лития. У представителей семейства Rosaceae – 0,6, у Polygonaceae – всего 0,04. Больше всего Li в растениях, произрастающих на солончаках и других почвах повышенной солености. Средние содержания этого элемента для наиболее толерантных к нему семейств растений для нашей страны таковы (мг/кг сухого вещества): Rosaceae – 2,9, Ranunculaceae – 2,0, Solanaceae – 1,9, Violaceae – 1,3, остальные <0,7. Характерными концентратами лития являются табак, белена, дурман, дереза и некоторые другие пасленовые, среди лютиковых – василисник. В растениях РП-511 содержание элемента составляет 0,217-34,0 мг/кг. Минимальные значения отмечены у багульника, наиболее высокие – у мхов.

Магний. Роль элемента в жизнедеятельности растений определяется его входением в состав хлорофилла. Показатель биофильности магния имеет среднюю величину (0,28). По природным зонам этот показатель меняется: тундровая – 0,18, лесная – 0,35 (древесная растительность – 0,29, травяная – 0,41), степная – 0,32, пустынная – 0,21. В растениях магний взаимодействует со многими элементами: синергетически – с алюминием и цинком, антагонистически – с бериллием, барием, хромом, марганцем, фтором, никелем, кобальтом, медью и железом. В растениях кларк магния составляет 4200 мг/кг (сухое вещество), он довольно близок для морской (\approx 5000 мг/кг) и континентальной (3200 мг/кг) флоры. Концентрации магния в растениях РП-511 варьируют от 1009 до 4902 мг/кг сухого вещества.

Максимальные концентрации его обнаружены во мхах площадки 4-511.

Марганец. Критический уровень марганцевой недостаточности для большинства растений находится в пределах 15-25 мг/кг сухой массы, однако уровень токсической концентрации более изменчив и зависит как от природы растений, так и от почвенных факторов. Большинство растений испытывает вредное воздействие элемента при его содержании около 500 мг/кг сухой массы. Некоторые более устойчивые виды и генотипы способны накапливать марганца до 1000 мг/кг сухой массы. В растениях РП-511 его содержание 292-1661 мг/кг, при этом наибольшее значение характерно для багульника, а наименьшее – для злаков.

Медь. Содержание элемента в растительности на юге Западной Сибири в редких случаях превышает 10 мг/кг. В зависимости от природных условий среднее содержание меди в растениях варьирует от 6,3 до 8,7 мг/кг сухого вещества. Больше ее в бобовых и разнотравье, меньше – в злаках. В лекарственных растениях Северного Алтая содержание меди колебалось от 1,4 (*Rhodiola rosea*) до 17,0 мг/кг (*Nepeta sibirica*), Центрального Алтая – от 2,5 до 13,5 мг/кг (*Thalistrum minus*). Максимальные концентрации меди в РП-511 обнаружены в багульнике на площадке 5-511 (11,6 мг/кг) и во мхе (15 мг/кг) площадки 2-511/19.

Никель. Содержание его в растениях, растущих на незагрязненных почвах, могут существенно изменяться. Средние уровни элемента в злаковых травах варьируют от 0,1 до 1,7 мг/кг сухой массы, в клевере – от 1,2 до 2,7 мг/кг сухой массы. Растения РП-511 характеризуются более высокими значениями концентрации никеля: 7,9-18,4 мг/кг.

Свинец. Содержание элемента в травах различных стран мира колеблется от 0,19 до 9 мг/кг, фоновые уровни составляют в среднем 2,1 мг/кг. В РП-511 максимальные концентрации свинца обна-

ружены в багульнике (25,3 мг/кг). Во мхах его содержание варьирует от 1,7 до 12,0 мг/кг. Наиболее низким содержанием свинца отличаются злаки (0,74 мг/кг).

Цинк. Концентрация элемента в дикорастущих растениях Горного Алтая

колеблется в пределах от 1,4 до 76 мг/кг сухого вещества. Наиболее высокое содержание цинка в РП-511 обнаружено во мхе площадки 4-511 (221 мг/кг). В остальных образцах растений его содержание существенно ниже и составляет 44-75 мг/кг.

Список литературы

1. Доработка проекта СКИОВО по бассейну р. Амур. Общая характеристика бассейна реки Бурей. Кн. 1.5. – Екатеринбург, 2012. – 82 с.
2. Шестеркина Н.М., Таловская В.С., Ри Т.Д., Шестеркин В.П. Гидрохимия притоков Бурейского водохранилища // Пресноводные экосистемы бассейна реки Амур. – Владивосток: БПИ ДВО РАН, 2008. – С. 18-27.
3. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Форина Ю.А. Влияние торфяных пожаров на химический состав снежного покрова и поверхностных вод // География и природные ресурсы. – 2009. – № 1. – С. 49-54.
4. Шулькин В.М. Изменчивость химического состава речных вод Приморья как индикатор антропогенной нагрузки и ландшафтной структуры водосборов // Вестн. ДВО РАН. – 2009. – № 4. – С. 103-114.
5. Форина Ю.А., Шестеркин В.П. Особенности химического состава речных вод восточного макросклона Северного Сихотэ-Алиня // География и природные ресурсы. – 2010. – № 3. – С. 81-87.
6. Чудаева В.А., Шестеркин В.П., Чудаев О.В. Микроэлементы в поверхностных водах бассейна реки Амур // Водные ресурсы. – 2011. – Т. 38. – № 5 – С. 606-617.
7. Форина Ю.А., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Фосфор в воде таежных рек Северного Сихотэ-Алиня // Тихоокеанская геология. – 2013. – С. 116-119.
8. Шестеркина Н.М., Шестеркин В.П. Микроэлементы в воде притоков Нижне-Бурейского водохранилища // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2016. – № 3. – С. 15-29.
9. Шестеркин В.П., Афанасьева М.И., Шестеркина Н.М. Фосфаты в воде малых рек Хабаровска // Современные проблемы регионального развития. – 2018. – С. 135-137.
10. Отчет «Рекогносцировка районов падения отделяющихся частей ракет-носителей в дальневосточном федеральном округе. Разработка предложений по экспериментальной отработке, автономным и комплексным испытаниям КТС ЭРП» (Шифр: «РПОЧ-Восток-ИВЭП/14»). Этап № 1 Рекогносцировка районов падения отделяющихся частей ракет-носителей в Дальневосточном федеральном округе». – 2014.
11. Шестеркин В.П. Антропогенные факторы формирования качества речных вод Приамурья // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 5. – Владивосток, 2011. – С. 589-595.
12. Шлотгауэр С.Д., Крюкова М.В., Антонова Л.А. Сосудистые растения Хабаровского края и их охрана. – Владивосток-Хабаровск: ДВО РАН, 2001. – 195 с.
13. Дальний Восток // Советский союз. Российская Федерация. Дальний Восток. – М.: Мысль, 1971. – С. 17-78.
14. Осипов С.В. Растительный покров таежно-гольцовых ландшафтов Буреинского нагорья. – Владивосток: Дальнаука. – 2002. – 378 с.
15. Осипов С.В. Ботанико-географические районы и зональность растительного покрова в верховьях реки Буреи (российский Дальний Восток) // География и природные ресурсы. – 2012. – № 2. – С. 74-81.
16. Осипов С.В. Динамика растительного покрова таёжных и гольцовых ландшафтов в верховьях реки Бурей // Сиб. экол. журнал. – 2012. – № 3. – С. 325-335.

17. Осипов С.В. Растительный покров природного заповедника «Буреинский» (горные таежные и гольцовые ландшафты Приамурья). – Владивосток: Дальнаука, 2012. – 219 с.
18. Осипов С.В. Экологическая структура растительного покрова гольцово-таёжной территории: выявление и отображение основных закономерностей методом картографирования // Сиб. экол. журнал. – 2014. – № 3. – С. 363-372.
19. Осипов С.В. Леса и редколесья гольцово-таёжных ландшафтов Буреинского нагорья (разнообразие, структура, динамика) // Сиб. лесной журнал. – 2015. – № 1. – С. 25-42.
20. Борисов Б.И., Думикян А.Д., Кожевников А.Е., Петелин Д.А. Сосудистые растения Буреинского заповедника (аннотированный список видов). – М.: РАН, 2000. – 102 с.
21. Ignatov M.S., Tan B.C., Iwatsuki Z., Ignatova E.A. Moss flora of the upper Bureya River (Russian Far East) // J. Hattori Bot. Lab. – 2000. – № 88. – P. 147-178.
22. Зырин Н.Г. Распределение и варьирование содержания микроэлементов в почвах Русской равнины // Почвоведение. – 1968. – № 7. – С. 77-90.
23. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
24. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. – М.: АН СССР, 1957. – 259 с.
25. Ковда В.А., Якушевская И.В., Тюрюкова А.Н. Микроэлементы в почвах Советского Союза. – М., 1959. – С. 67.
26. Ильин В.Б. Биогеохимия и агрохимия микроэлементов (Mn, Cu, Mo, B) в южной части Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1973. – 401 с.
27. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. – М.: Недра, 1994. – Кн. 1. – 304 с.
28. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. – М.: Недра, 1996. – Кн. 3. – 352 с.
29. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справ. материалы. – Эколайн, 2000.
30. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 296 с.
31. СанПиН 2.1.5.980-00.
32. Боровик-Романова Т.Ф., Фарафонов М.М., Грибовская И.Ф. Спектральное определение микроэлементов в растениях и почвах. – М.: Наука, 1973. – 111 с.

References

1. Dorabotka proekta SKIOVO po bassejnu r. Amur. Obshchaya harakteristika bas-sejna reki Bureya. Kn. 1.5. – Ekaterinburg, 2012. – 82 s.
2. Shesterkina N.M., Talovskaya V.S., Ri T.D., Shesterkin V.P. Gidrohimiya prito-kov Burejskogo vodohranilishcha // Presnovodnye ekosistemy bassejna reki Amur. – Vladivostok: VPI DVO RAN, 2008. – S. 18-27.
3. Shesterkin V.P., Shesterkina N.M., Forina Yu.A. Vliyanie torfyanyh pozharov na himicheskij sostav snezhnogo pokrova i poverhnostnyh vod // Geografiya i prirodnye resursy. – 2009. – № 1. – S. 49-54.
4. Shul'kin V.M. Izmenchivost' himicheskogo sostava rechnyh vod Primor'ya kak indikator antropogennoj nagruzki i landshaftnoj struktury vodosborov // Vestn. DVO RAN. – 2009. – № 4. – S. 103-114.
5. Forina Yu.A., Shesterkin V.P. Osobennosti himicheskogo sostava rechnyh vod vostochnogo makrosklona Severnogo Sihote-Alinya // Geografiya i prirodnye resursy. – 2010. – № 3. – S. 81-87.
6. Chudaeva V.A., Shesterkin V.P., Chudaev O.V. Mikroelementy v poverhnostnyh vodah bassejna reki Amur // Vodnye resursy. – 2011. – Т. 38. – № 5 – S. 606-617.
7. Forina Yu.A., Shesterkin V.P., Shesterkina N.M. Fosfor v vode taezhnyh rek Severnogo Sihote-Alinya // Tihookeanskaya geologiya. – 2013. – S. 116-119.

8. Shesterkina N.M., Shesterkin V.P. Mikroelementy v vode pritokov Nizhne-Burejskogo vodohranilishcha // *Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie.* – 2016. – № 3. – S. 15-29.
9. Shesterkin V.P., Afanas'eva M.I., Shesterkina N.M. Fosfaty v vode malyh rek Habarovska // *Sovremennye problemy regional'nogo razvitiya.* – 2018. – S. 135-137.
10. Otchet «*Rekognosirovka rajonov padeniya otdelyayushchihsya chastej raket-nositelej v dal'nevostochnom federal'nom okruge. Razrabotka predlozhenij po eksperimental'noj otrabotke, avtonomnym i kompleksnym ispytaniyam KTS ERP*» (Shifr: «*RPOCH-Vostok-IVEP/14*»). Etap № 1 *Rekognosirovka rajonov padeniya otdelyayushchihsya chastej raket-nositelej v Dal'nevostochnom federal'nom okruge*». – 2014.
11. Shesterkin V.P. Antropogennye faktory formirovaniya kachestva rechnyh vod Priamur'ya // *Chteniya pamyati V.Ya. Levanidova. Vyp. 5.* – Vladivostok, 2011. – S. 589-595.
12. Shlotgauer S.D., Kryukova M.V., Antonova L.A. *Sosudistye rasteniya Habarovskogo kraja i ih ohrana.* – Vladivostok-Habarovsk: DVO RAN, 2001. – 195 s.
13. *Dal'nij Vostok // Sovetskij soyuz. Rossijskaya Federaciya. Dal'nij Vostok.* – M.: Mysl', 1971. – S. 17-78.
14. Osipov S.V. *Rastitel'nyj pokrov taezhno-gol'covyh landshaftov Bureinskogo nagor'ya.* – Vladivostok: Dal'nauka. – 2002. – 378 s.
15. Osipov S.V. *Botaniko-geograficheskie rajony i zonal'nost' rastitel'nogo pokrova v verhov'yah reki Burei (rossijskij Dal'nij Vostok) // Geografiya i prirodnye resursy.* – 2012. – № 2. – S. 74-81.
16. Osipov S.V. *Dinamika rastitel'nogo pokrova tayozhnyh i gol'covyh landshaftov v verhov'yah reki Bureya // Sib. ekol. zhurnal.* – 2012. – № 3. – S. 325-335.
17. Osipov S.V. *Rastitel'nyj pokrov prirodnogo zapovednika «Bureinskij» (gor-nye taezhnye i gol'covye landshafty Priamur'ya).* – Vladivostok: Dal'nauka, 2012. – 219 s.
18. Osipov S.V. *Ekologicheskaya struktura rastitel'nogo pokrova gol'covo-tayozhnoj territorii: vyyavlenie i otobrazhenie osnovnyh zakonornostej metodom kartografirovaniya // Sib. ekol. zhurnal.* – 2014. – № 3. – S. 363-372.
19. Osipov S.V. *Lesa i redkoles'ya gol'covo-tayozhnyh landshaftov Bureinskogo nagor'ya (raznoobrazie, struktura, dinamika) // Sib. lesnoj zhurnal.* – 2015. – № 1. – S. 25-42.
20. Borisov B.I., Dumikyan A.D., Kozhevnikov A.E., Petelin D.A. *Sosudistye rasteniya Bureinskogo zapovednika (annotirovannyj spisok vidov).* – M.: RAN, 2000. – 102 s.
21. Ignatov M.S., Tan B.C., Iwatsuki Z., Ignatova E.A. *Moss flora of the upper Bureya River (Russian Far East) // J. Hattori Bot. Lab.* – 2000. – № 88. – P. 147-178.
22. Zyrin N.G. *Raspredelenie i var'irovanie sodержaniya mikroelementov v pochvah Russkoj ravniny // Pochvovedenie.* – 1968. – № 7. – S. 77-90.
23. Kabata-Pendias A., Pendias H. *Mikroelementy v pochvah i rasteniyah.* – M.: Mir, 1989. – 439 s.
24. Vinogradov A.P. *Geohimiya redkih i rasseyannyh elementov v pochvah.* – M.: AN SSSR, 1957. – 259 s.
25. Kovda V.A., Yakushevskaya I.V., Tyuryukova A.N. *Mikroelementy v pochvah Sovetskogo Soyuza.* – M., 1959. – S. 67.
26. Il'in V.B. *Biogeohimiya i agrohimiya mikroelementov (Mn, Cu, Mo, B) v yuzhnoj chasti Zapadnoj Sibiri.* – Novosibirsk: Nauka, 1973. – 401 s.
27. Ivanov V.V. *Ekologicheskaya geohimiya elementov.* – M.: Nedra, 1994. – Kn. 1. – 304 s.
28. Ivanov V.V. *Ekologicheskaya geohimiya elementov.* – M.: Nedra, 1996. – Kn. 3. – 352 s.
29. Guseva T.V., Molchanova Ya.P., Zaika E.A. i dr. *Gidrohimicheskie pokazateli sostoyaniya okruzhayushchej sredy: sprav. materialy.* – Ekolajn, 2000.
30. Alekin O.A. *Osnovy gidrohimii.* – L.: Gidrometeoizdat, 1953. – 296 s.
31. SanPiN 2.1.5.980-00.

32. Borovik-Romanova T.F., Farafonov M.M., Gribovskaya I.F. Spektral'noe opredelenie mikroelementov v rasteniyah i pochvah. – M.: Nauka, 1973. – 111 s.

LANDSCAPE AND GEOCHEMICAL SURVEY OF IZ-511
TO ENSURE LAUNCHING SPACE ROCKETS FROM SRC «AMUR»
WITH VOSTOCHNY SPACEPORT

A.V. Saltykov, S.N. Balykin, A.V. Puzanov

Institute for Water and Environmental Problems of SB RAS, Barnaul, E-mail: saltykovav@yandex.ru

The article presents the results of a preliminary landscape-geochemical survey of the area of the fall of the first stage of space rockets from the Amur rocket complex launched from the Vostochny cosmodrome. The main components of the landscape that can be negatively affected by rocket and space activities in the territory under consideration were used as objects of research: surface water, soil and vegetation. They determined the main properties and composition of potential pollutants: soil cover-pH, cation exchange capacity, humus content, ionic, granulometric and elemental composition; vegetation cover-elemental composition; surface water-pH, temperature, content of petroleum products, ionic and elemental composition. When analyzing the data obtained, it was found that all the studied potential pollutants in the considered components of the landscape are at the level of maximum permissible concentrations.

Keywords: Khabarovsk Krai, Ezop Range, Dusse-Alin, Bureya Massif, Bureya River, surface water, plants, soils.

Received December 17, 2019