

Министерство науки и образования РФ
Российская Академия наук
Сибирское отделение
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии
Институт экологии человека
Национальный Исследовательский Томский государственный университет
Дальневосточный Федеральный университет
Алтайский государственный университет

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНАХ

Ответственный редактор
профессор, д-р. биол. наук
А.Н. Куприянов



Новосибирск
Академическое издательство "ГЕО"
2017

ББК 20.18

УДК 58.01/07. 58.036. 58.074 (571.17)

А в т о р ы:

*Ю.А. Манаков, А.Н. Куприянов, Т.О. Стрельникова,
В.И. Уфимцев, О.А. Куприянов, М.М. Силантьева,
А.Ю. Гребенникова, К.С. Голохваст, С.В. Лукьянцев*

**Экологический мониторинг в районах угледобычи / отв. ред. А.Н. Куприянов ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние ; ФИЦ угля и углехимии [и др.]. – Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2017. – 208 с.
ISBN 978-5-9908853-1-8**

В монографии обобщены результаты мониторинговых исследований, проведенных с 2012 по 2015 г. для оценки состояния экосистем Караканского хребта в условиях техногенного воздействия со стороны многочисленных угольных разрезов. Объектами мониторинга выбраны климатические характеристики, степень загрязнения территории продуктами техногенеза, растительный покров и индикаторные группы беспозвоночных животных.

Представлена динамика валового содержания тяжелых металлов в почве и снеговых пробах. Определены нано- и микроразмерные ряды частиц атмосферных взвесей с помощью лазерной гранулометрии, световой и сканирующей электронной микроскопии с элементным анализом. Впервые изучен температурный режим в различных местоположениях в приповерхностном слое почвы и приземного воздуха. Исследованы структурные и функциональные показатели растительных сообществ и фауны хортобионтов на мониторинговых полигонах. Монография является отправной точкой для длительного биологического мониторинга на Караканском хребте, позволяющего оценить в будущем пределы устойчивости экосистем к техногенным факторам.

Книга предназначена для специалистов в области экологии промышленного производства и охраны окружающей среды. Может быть востребована проектными организациями в качестве методического руководства по проведению производственного экологического мониторинга на угольных предприятиях.

Илл. 45. Библиогр. 181 наим.

Р е ц е н з е н т ы:

*д-р техн. наук, зав. лаб. геоэкологических
и водных проблем ИВЭП СО РАН Е.Л. Счастливцев,
д-р биол. наук, проф. каф. ботаники
Томского государственного университета А.Л. Эбель*

*Мониторинговые исследования проведены при финансовой поддержке
ПАО "Кузбасская топливная компания"*

ISBN 978-5-9908853-1-8 © Коллектив авторов, 2017

© ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии»
СО РАН

© ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

© ФГБОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет»

© ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет»

ВВЕДЕНИЕ

Рост промышленного производства в течение прошлого и нынешнего веков привел к резкому ухудшению окружающей среды. Природные ландшафты во многих местах планеты преобразованы в значительной степени, и, вполне вероятно, на Земле не осталось территорий, которые бы сохранились в первозданном виде. Разнообразная, постоянно расширяющаяся, технологически все более продвинутая деятельность человека неминуемо приводит к трансформации или разрушению экосистем. Опасность негативных изменений в окружающей среде требует проведения системных наблюдений в природных средах, накопления и анализа наблюдаемых результатов и составления прогнозных сценариев. Собственно, в этом состоит сущность экологического мониторинга.

Наиболее сильным негативным воздействием на природные комплексы обладает угледобывающее производство, что выражается в изменении форм рельефа с резкими перепадами высот, ухудшении гидрологического режима местности, изменении геохимических параметров стока, усилении шумового и пылевого стресса, резком снижении биологического разнообразия, в том числе и за счет создания условий для внедрения адвентивных видов. Сохранение и восстановление биологического разнообразия, как основы устойчивости биосферы в целом является приоритетной задачей национальной политики многих государств в области экологии. Российской Федерацией были ратифицированы важнейшие международные документы в области сохранения биоразнообразия (Конвенция о биоразнообразии, Рамсарская конвенция о водно-болотных угодьях и др.). В связи с этим на государственном уровне были приняты важнейшие документы: Экологическая доктрина (2002), Основы государствен-

ной политики в области экологического развития России на период до 2030 года (2012), Концепция развития системы особо охраняемых природных территорий федерального значения на период до 2020 года (2013), Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в РФ на период до 2030 года (2013), Стратегия сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов в РФ на период до 2030 года (2014) и другие документы.

В экономике России добыча полезных ископаемых играет значительную роль. Наличие практически на всей территории страны большого количества разнообразных полезных ископаемых позволяет успешно развивать горнодобывающее производство всех сырьевых отраслей народного хозяйства. Доля отечественной горнодобывающей промышленности в мировом производстве отрасли составляет 9,7 %. По этому показателю Россия находится на третьем месте в мире после США и Китая.

В структуре горнодобывающей промышленности страны добыча каменного, бурого углей и торфа составляет 7 % (для сравнения добыча сырой нефти и газа — 81 %). Уровень добычи угля в России в 2014 г. по сравнению с 2013 г. дал прирост 1,5 % и составил 357,33 млн т, из которых 251,8 млн т — открытым способом и 105,5 млн т — подземным [Горнопромышленный портал, 2015]. Анализ структуры добываемых в России полезных ископаемых позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на доминирующую роль нефтегазового сектора, доля твердых полезных ископаемых в течение последних лет не только значительна, но и носит устойчивый характер [Вайно, 2013].

Кузбасс — крупнейший угольный бассейн мира — является основным поставщиком высококачественных каменных углей для теплоэнергетики, металлургии, коммунального хозяйства и населения как региона, так и страны в целом. В 2014 г. в Кемеровской области добыто 208 млн т угля, что составляет 59 % от общего количества по России. При этом здесь добывается 80 % всех российских коксующихся и 100 % особо ценных коксующихся марок углей. Экспорт угля из Кузбасса составляет 77 % от общероссийского. Оценка перспектив прогнозирует увеличение в Кузбассе добычи угля к 2030 г. до 230 млн т [Горнопромышленный портал, 2015].

Добыча угля ведется на 63 шахтах и 57 разрезах, причем удельная доля открытой добычи в последние годы существенно выросла и достигла 64 %. Это обуславливает нарушение земной поверхности и уничтожение наземных природных комплексов на обширной территории [Манакон, 2005; Потапов и др., 2005; Куприянов и др., 2010].

Наиболее крупные нарушения растительного покрова в Кемеровской области происходят в местах добычи каменного угля, в результате чего не только полностью разрушаются природные комплексы, образуются отвалы и карьерные выемки, но в значительной степени происходит деформация растительного покрова вокруг районов угледобычи. Техногенные ландшафты занимают огромные площади, а их восстановление идет очень низкими темпами. При этом территория, испытывающая на себе негативные последствия, в десятки раз превышает площади самих нарушенных участков.

Наиболее катастрофические нарушения ландшафтов произошли в районе разработки нижне- и верхнебалахонской свит, расположенных преимущественно в степном ядре Кузнецкой котловины (Прокопьевско-Киселевский, Беловский и Ленинск-Кузнецкий угледобывающие районы) [Потапов и др., 2005]. Поэтому ограничение деятельности угледобывающих предприятий на еще ненарушенных природных территориях имеет большую значимость для сохранения биологического разнообразия в Кемеровской области и на юге Западной Сибири.

В последнее время эпицентр угледобычи переместился из Прокопьевского района в Беловский. Чрезмерная концентрация угольных предприятий отрицательно сказывается на природных комплексах Беловского района. К примеру, площадь земель, занятых отвалами Бачатского разреза, составляет почти 4 тыс. га, Сартакинского — 2,5 тыс. га, Моховского — 2,6 тыс. га. Кроме того, в этом месте расположена Беловская ГРЭС, которая вырабатывает треть электроэнергии области, — также одно из основных предприятий-загрязнителей. В общей сложности только отвалы в Беловском районе составляют 3 % территории, а если учесть дороги, строительные площадки, земли поселений, горные отвалы, то доля нарушенных земель приближается к 10 %, т. е. по формальным признакам территория Беловского района приближается к зоне экологического бедствия.

Водопользование составляет около 37 млн кубометров, из них недостаточно очищенные и неочищенные стоки 28 млн кубометров, или 76 %. Практически все реки района: Бол. и Мал. Бачат, Ускат, Иня — в пределах района сильно загрязнены, в них отмечается значительное превышение ПДК по основным загрязнителям (азот аммонийный, азот нитратный, азот нитритный, кальций, магний, железо, марганец, медь, родониды, фосфор, цинк, ванадий).

Растительность района исследований сильно трансформирована — 95 % территории несет отпечаток антропогенного влияния. Все березовые и сосновые леса неоднократно пройдены низовыми пожарами, и в них существенно изменен флористический состав. Животный мир обеднен, в связи с высокой плотностью населения (11,3 чел./км²) и высокой антропогенной нарушенностью территорий.

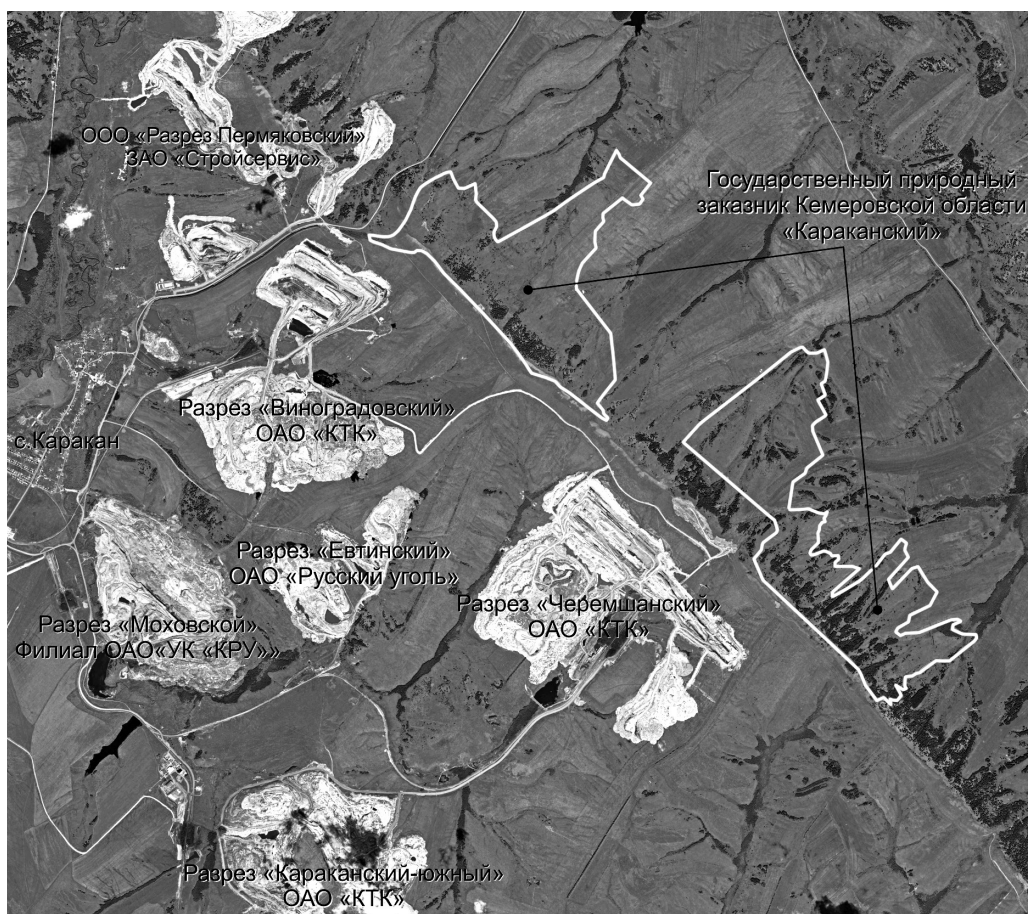


Рис. 1. Участок Караканского каменноугольного месторождения вблизи природного заказника «Караканский»

Основная масса предприятий сосредоточена вблизи ключевой ботанической территории — Караканского хребта [Буко и др., 2009]. Угледобычу ведут более 20 предприятий: участки «Виноградовский», «Виноградовский-2», «Черемшанский», «Воробьевский», «Дунаевский», «Караканский-Южный», «Караканский-Южный 1», разрезы «Белорусский», «Задубровский», «Пермьяковский», «Караканский», «Евтинский», «Караканский-Западный», «Лиственничный», «Верхнетыхтинский», «Нижнетыхтинский», ОГР шахты «Майская», «Майский», «Губернаторский», шахта «Беловская».

В 2012 г. на части территории Караканского хребта был организован природный заказник регионального значения «Караканский» (рис. 1). Это событие имеет две особенности: во-первых, это первый природный заказник в Кемеровской

области, созданный для сохранения уникального природного комплекса с разнообразными степными экосистемами; во-вторых, ключевую роль в организации заказника сыграла Кузбасская топливная компания (ПАО «КТК»), согласовавшая создание особо охраняемой природной территории (ООПТ) на землях, оформленных в собственность угольной компании. Это первый случай предотвращения ущерба биоразнообразию в практике российских угольных предприятий России за всю историю угледобычи.

В период с 2013 по 2017 гг. на территории Кемеровской области и Республики Хакасия велась работа в рамках Проекта Программы развития ООН и Глобального экологического фонда, действующих совместно с Минприроды России, — «Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России». Цель Проекта — разработка и внедрение передовых технологий и практик сохранения биоразнообразия в корпоративные программы и стандарты угольных предприятий. Основным принцип снижения негативного воздействия на биоразнообразие «сохранять — предотвращать — восстанавливать — компенсировать» реализуется в настоящее время через ряд инновационных работ, одной из которых является проведение долговременного импактного мониторинга экосистем в условиях негативного воздействия горнодобывающего производства.

Караканский хребет расположен на границе Беловского и Прокопьевского районов, на месте Караканского каменноугольного месторождения, которое относится к северо-восточной части Ерунаковского геолого-экономического района Кузбасса. Здесь добывается около 15 млн т угля в год. Расположение хребта в непосредственной близости от предприятий открытой горной добычи представляет собой идеальную модель для апробации методик экомониторинга, поскольку здесь можно установить на постоянных пробных площадях наблюдение за разнообразными экосистемами и другими биологическими объектами в условиях возрастающего негативного воздействия. При этом данная территория, с одной стороны, обладает государственным природоохранным статусом, обеспечивающим ей надежную защиту, а с другой — входит в зону ответственности предприятий ПАО «КТК», прямой обязанностью которых является проведение производственного экологического контроля (ПЭК).

Эти обстоятельства послужили условием проведения научных изысканий, направленных на разработку инновационных методов экологического мониторинга для выявления степени техногенного воздействия на живые объекты. Эта информация станет основой для анализа наблюдаемых трендов, определения ответных реакций живых систем на меняющиеся условия, что, в сущности, позволит опре-

делить наиболее чувствительные индикаторы состояния окружающей среды. И хотя в настоящее время биологические индикаторы не учитываются при проведении ПЭК, тем не менее, можно предположить, что в будущем биологический мониторинг станет обязательным для промышленных предприятий.

Караканский хребет — это единый лесостепной ландшафтный комплекс, с достаточно хорошо сохранившимися участками лугово-степной растительности. Степи здесь представлены различными вариантами настоящих степей (на юго-западном макросклоне). Ближе к водоразделу, где увеличивается каменистость субстрата, встречаются разнотравно-злаковые петрофитные сообщества. На восточном макросклоне представлены лесные луга и березовые леса. Уникальность этого участка состоит в том, что в Кузнецкой котловине более нет таких единых ландшафтных комплексов с хорошо сохранившимися лугово-степными сообществами. Здесь обитают эндемичные виды Алтае-Саянской флористической провинции: лапчатка стройная (*Potentilla elegantissima*), копеечник Турчанинова (*Hedysarum turczaninovii*). В Красную книгу Кемеровской области внесены, помимо перечисленных: качим Патрена (*Gypsophila patrinii*), желтушник алтайский (*Erysimum altaicum*), триния ветвистая (*Trinia ramosissima*), адонис пушистый (*Adonis villosa*), ковыль пушистый (*Stipa dasyphylla*), к. перистый (*S. pennata*), к. Залесского (*S. zaleskii*), башмачок крупноцветковый (*Cypripedium macranthon*), б. капельный (*C. guttatum*), папоротник гроздовник полулунный (*Botrychium lunaria*). Многие обычные виды, степных сообществ при резком изменении условий местообитаний необратимо выпадают из состава флоры, так как они недостаточно толерантны к антропогенной нагрузке и не способны осваивать другие типы местообитаний. К таким уязвимым видам относятся как основные эдификаторы степных сообществ, так и редкие растения степей [Буко и др., 2009; Красная книга ..., 2012].

В 2011 г. зоологами Т. Романковой и Ю. Астафуровой [Romankova, Astafurova, 2011] на территории хребта описан новый для науки вид — пчела *Panurginus turaviovi*. Д.А. Сидоров и Н.И. Еремеева [2010] приводят сведения о нахождении на Караканском хребте восточнопалеарктических видов, что свидетельствует о древней истории формирования на изолированном хребте животных и растений. Первые сведения о животном мире Караканского заказника опубликованы совсем недавно [Суцев и др., 2015]. Отмечено нахождение 26 видов бабочек в том числе аполлон обыкновенный, внесенный в региональную сводку редких видов [Красная книга..., 2012]. Подобные исследования чрезвычайно важны для экосистем, находящихся под угрозой потери биологического разнообразия.

В 2011 г. издана очень важная для познания растительного покрова данного района монография «Растительный мир Караканского хребта» [Лашинский и др., 2011], в которой сотрудниками ЦСБС СО РАН и КузБС ФИЦ УУХ СО РАН дана характеристика флоры и растительности. Авторами монографии показан высокий уровень флористического богатства и разнообразия растительности этой территории и ее большое значение для сохранения редких растений и фитоценозов.

Задача современного природопользования заключается в устойчивом развитии индустриальных регионов, где соблюден баланс между тремя сферами: окружающей природной средой, промышленной деятельностью и социумом. Сущностным моментом такого развития цивилизации является смена конкурентного типа взаимоотношений между человечеством и природой на согласительный, антропоцентрическое мировоззрение должно быть преобразовано в биоцентрическое. Биологическое разнообразие должно стать мерой оценки успешности деятельности промышленных компаний и развития регионов.

Поэтому смысл эффективной природоохранной деятельности заключается не в том, чтобы запретить добычу угля, а наоборот — угольное производство должно сопровождаться экологическим мониторингом всех компонентов окружающей природной среды, компенсационными мероприятиями по сохранению природных экосистем и восстановлением максимально возможного уровня биоразнообразия на техногенно нарушенных территориях. Биологически значимые мероприятия должны стать неотъемлемой частью производства и выполняться угольными предприятиями на всех стадиях жизненного цикла [Сборник ..., 2015].

Настоящая работа является итогом трехлетних исследований (2012–2014 гг.) состояния наземных экосистем Караканского хребта под влиянием природных и техногенных факторов. Данная монография — отправная точка для многолетнего мониторинга за состоянием растительного покрова и животного мира Караканского хребта, оценки первоначального состояния природной среды в данном промышленном районе.

В работе принимали участие сотрудники Кузбасского ботанического сада ФИЦ УУХ СО РАН (Институт экологии человека), Дальневосточного федерального университета, Томского национального университета, Алтайского государственного университета. Авторы очень признательны доктору биол. наук, проф. А.Л. Эбелю, доктору биол. наук Н.Н. Лашинскому, кандидату биол. наук С.А. Шереметовой за большую работу по изучению флоры и растительности Караканского хребта. Научный коллектив выражает особую благодарность Президенту ПАО "Кузбасская топливная компания" Игорю Юрьевичу Прокудину за оказание финансовой поддержки многолетних мониторинговых исследований.

Глава 1

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ КАРАКАНСКОГО ХРЕБТА

Геологическое строение территории

Караканский хребет находится на границе Беловского и Прокопьевского районов Кемеровской области. Это почти прямолинейное поднятие около 25 км длиной и 1-1,5 км шириной, протянувшееся с северо-запада на юго-восток между $54^{\circ}16'$ и $54^{\circ}27'$ с.ш. и $86^{\circ}48'$ и $87^{\circ}04'$ в.д. Абсолютные высоты хребта достигают 350—450 м над у.м. при максимальной отметке 468 м в северной части хребта. Над окружающей котловиной хребет возвышается на 150—200 м и хорошо выражен в рельефе. Юго-западный склон хребта, представляющий край базальтовой мульды, резко приподнят над окружающей равниной — он крутой и короткий, с уклоном от $25-30^{\circ}$ в верхней части склона до $10-12^{\circ}$ у его подножия. Общая протяженность склона от вершины до основания хребта составляет не более 300—450 м. Северо-восточный склон, обращенный к внутренней части мульды, более пологий ($6-10^{\circ}$), протяженностью от 450 до 850 м, плавно погружающийся в рыхлые отложения центральной части мульды. Склоны хребта продольно-волнистые, слабо расчленены эрозионными ложбинами.

Географически хребет расположен внутри Кузнецкой котловины в центральной ее части, ближе к восточному борту, ограниченному Кузнецким Алатау. От горных структур последнего Караканский хребет отделен широкой долиной р. Томь. Северная часть хребта дренируется р. Иня в ее верхнем течении и рядом ее притоков, а южная часть относится к бассейну р. Томь, однако осевая линия хребта не является водоразделом бассейнов этих крупных притоков Оби первого порядка.

Особенностью геологического строения хребта является практически повсеместно смытая химическая кора выветривания базальтов, вследствие чего золотые четвертичные отложения, мощность которых составляет от нескольких десятков сантиметров на склонах до полутора метров у подножий, залегают непосредственно на физической коре выветривания базальтов, образованной 5–7-метровой толщей базальтового щебня [Лашинский и др., 2011].

Природные особенности

Климат

Климат более теплый и влажный по сравнению с лесостепной полосой Западной Сибири. Среднегодовая температура воздуха $+0,3^{\circ}\text{C}$, июля $+18,7^{\circ}\text{C}$, января $-17,8^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков до 585 мм, в мае–июне около 114 мм, в августе–сентябре – 126 мм. Максимальное количество осадков приходится на летние месяцы, за холодный период (ноябрь–март) выпадает около 194 мм, за теплый (апрель–октябрь) – 391 мм. Почти ежегодно в конце мая–июне, иногда до середины июля повторяются длительные периоды без дождей. Даты перехода температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ – с 19 мая по 14 сентября (продолжительность 117 дней). Постоянный снежный покров образуется в начале ноября. Преобладают ветра юго-западного и западного направлений [Ильичев, Соловьев, 1988].

Караканский хребет имеет локальное климатообразующее значение. Являясь естественной преградой на пути западных воздушных масс, окружающие хребет территории значительно обеспечивались атмосферными осадками. Одной из интересных особенностей климата хребта являются мощные восходящие воздушные потоки вдоль юго-западного макросклона, благодаря чему хребет известен и все еще популярен среди дельтапланеристов. Восходящие потоки в летнее время идут с хорошо прогретой поверхности котловины, поэтому несут сухой и теплый воздух. Значительный перепад высот (до 487 м н.у.м.) и почти меридиональное географическое расположение цепи холмов создают пестроту экологических условий местообитаний хребта за счет перераспределения тепла и влаги на склонах различной экспозиции. В зимнее время эти потоки существенно перераспределяют снежный покров, сдувая его с наветренного юго-западного склона и способствуя его мощной аккумуляции в привершинной части северо-восточного склона. В совокупности эти процессы способствуют иссушению юго-западного и избыточному увлажнению верхней части северо-восточного склонов. Снежные карнизы, формирующиеся в привершинной части хребта на северо-восточном склоне, приводят

к задержке фенологического развития растительности на 1–2 недели. По мнению Н.Н. Лашинского, накопление большого количества снега создает уникальный микроклимат, напоминающий условия горного субальпийского пояса [Лашинский и др., 2011].

Почвы

Почвы Караканского хребта типичны для Мариинско-Ачинской лесостепи [Трофимов, 1965] и характерны для степного ядра Кузнецкой котловины [Заушинцева и др., 2004]. На юго-западном склоне формируются обыкновенные черноземы различной степени мощности: на крутых склонах в верхней части — маломощные почвы с близким подстилением крупнообломочных фракций материнской породы, в основании — полнопрофильные почвы с мощностью до 1,0–1,5 м. В верхней части склона подстилающей породой являются рыхлые базальты, в нижней — суглинки. На северо-восточном макросклоне обыкновенные черноземы сформированы на безлесных полянах и прогалинах. По мнению С.С. Трофимова [1975], изучавшего настоящие черноземы возле с. Пермяки, они отличаются от оподзоленных и выщелоченных черноземов меньшей мощностью гумусового горизонта, повышенным уровнем вскипания и несколько худшей оструктуренностью — все эти отличия являются следствием формирования этого подтипа в условиях большей засушливости и меньшей промачиваемости почвенной толщи атмосферными осадками по сравнению с рядом расположенными районами.

Серые лесные почвы характерны для северо-восточного склона и они формируются под разреженными березово-осиновыми лесами и вторичными лесными лугами. Они занимают переходное положение от дерново-подзолистых почв к черноземам [Трофимов, 1975].

Растительный покров

Растительность Караканского хребта детально изучена Н.Н. Лашинским с соавторами [2011]. Хребет расположен в окружении ландшафтов Кузнецкой лесостепи, поэтому предгорные шлейфы практически повсеместно заняты остепненными лесными лугами богатого флористического состава. Приподнятость хребта и климатическая неоднородность склонов обуславливают различия в растительном покрове основных макросклонов. В целом в растительном покрове хребта выделяется три наиболее заметных градиента.

Наиболее яркий из них — различия растительности юго-западного и северо-восточного склонов. Затем в пределах каждого склона наблюдаются смены растительности от подножья хребта к его вершине; и, наконец, есть некоторые изменения растительного покрова при движении вдоль хребта в направлении к Кузнецкому Алатау.

Юго-западный склон хребта безлесный, покрыт сообществами луговых и настоящих ковыльных степей, сменяющихся в привершинной части склона мелководерновинно-злаковыми каменистыми степями. Смены остепненных лугов подножий и различных типов степей на склоне выражены здесь в виде хорошо различимых поясов поперек склона с отчетливыми границами между ними. Иногда по западинам и наиболее выраженным эрозионным ложбинам встречаются кустарниковые заросли с доминированием таволги средней (*Spiraea media*) и кизильника черноплодного (*Cotoneaster melanocarpus*), более обычные в южной части хребта. Наблюдаемая закономерная смена сообществ по склону обусловлена не изменением теплообеспеченности местообитаний, а разницей в крутизне склона и мощности почвенного покрова.

Северо-восточный склон преимущественно лесной. Основу растительного покрова составляют травяные березовые, реже осиновые леса в сочетании с остепненными лесными лугами на открытых участках. Нередко, особенно в верхней части склона, прогалы между лесными массивами заняты зарослями папоротника-орляка, видимо, послепожарного происхождения. В отличие от юго-западного склона, растительный покров довольно однороден и не разделен на отчетливые полосы. Только в привершинной части склона периодически встречаются участки, на которых в зимнее время скапливается большое количество снега вследствие ветрового переноса. Мощные снежные забои приводят к существенной задержке фенологического развития весной и обеспечивают обильный влагозапас в почве в течение вегетационного сезона. Совокупность этих факторов приводит к формированию здесь своеобразных высокотравных сообществ [Лашинский, 2008]. Помимо высокотравий, привершинная часть северо-восточного склона отличается частой встречаемостью берез с сильно искривленными стволами, а в южной части хребта в этих местообитаниях распространены заросли таволги дубровколистной (*Spiraea chamaedryfolia*).

Леса расположены исключительно на северо-восточном макросклоне хребта. В настоящее время они покрывают около 70 % территории склона, перемежаясь с травяными и, реже, кустарниковыми сообществами. Большая часть лесов Караканского хребта относится к классу светлохвойных и мелколиственных лесов Южной Сибири (*Brachypodio pinnati* — *Betuletea pendulae*).

Высокотравье на Караканском хребте описано Н.Н. Лашинским [2008], оно представлено в ранге ассоциации *Brachypodio pinnati* – *Cacalietum hastatae*.

Луга относятся к двум порядкам класса *Molinio* – *Arrhenatheretea*. Остепненные луга рассматриваются в рамках порядка *Galietaalia veri*, лесные луга – порядка *Carici macrourae* – *Crepidetalia sibiricae*.

Степная растительность, образующая фон на юго-западном макросклоне, относится к горному алтае-саянскому порядку *Stipetalia sibiricae* европейско-западносибирского класса *Festuco* – *Brometea*. Степи Караканского хребта отличаются от степей окружающих равнинных пространств Кузнецкой котловины, там они представлены сообществами порядка *Festucetalia valesiacaе*.

Флора Караканского хребта насчитывает 531 вид высших сосудистых растений, 62 вида листостебельных мхов [Лашинский и др., 2011].

Уникальность экосистем Караканского хребта неоднократно отмечалось учеными разных специальностей [Куприянов, Манаков, 2006; Лашинский, 2008; Буко и др., 2009; Сидоров, Еремеева, 2010; Суцев и др., 2015; и др.].

В целях сохранения целостности Караканского хребта Постановлением Коллегии администрации Кемеровской области от 9 апреля 2012 года №133 на площади 1000 га был учрежден государственный природный заказник регионального значения, значительная часть которого расположена на землях, находящихся в собственности ОАО «Кузбасская топливная компания». Территория хребта за пределами заказника в настоящее время практически вся разрушена вследствие добычи базальтов на отсыпку дорог.

Глава 2

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Биомониторинг является составной частью экологического мониторинга и выполняется на живых организмах с целью определения их ответных реакций на загрязнение окружающей среды, оценки и прогноза изменений ее состояния под воздействием природных и антропогенных факторов.

Исходя из этого определения, объекты изучения были разделены на две группы (рис. 2): абиотические факторы среды и биологические объекты.

Абиотические параметры: количество жидких осадков в вегетативный период; мощность, плотность, влагозапас снегового покрова; динамика температуры приземного воздуха; динамика температуры приповерхностного слоя почвы; загрязнение почвы и снега.

Биологическими объектами мониторинга выступали: на экосистемном уровне — растительные сообщества на трансектах и флористические списки мониторинговых площадок; на популяционно-видовом — фитоценозы и группы беспозвоночных животных на мониторинговых (МП) и учетных площадках (УП); на видовом — структура популяций отдельных видов. При исследовании фитоценозов на учетных площадках изучались структурные (состав и количество особей) и функциональные (подземная и надземная фитомасса) показатели.

Мониторинг техногенного загрязнения территории проведен в широтном и долготном направлениях. Трансекта широтного направления пересекает Караканский хребет через села Евтино, Каракан, Пермьяки, Новохудяково (рис. 3).



Рис. 2. Схема биологического мониторинга.

1. Окрестности с. Евтино, березняк, 250 м от автомобильной дороги. Антропогенное загрязнение связано с автомобильными выбросами. За пять лет наблюдений видимых изменений ландшафта и хозяйственной деятельности не произошло.
2. Окрестности с. Каракан, технологическая дорога от разреза к угольному складу. Угольный склад построен в 2010 г., в настоящее время он является основным источником загрязнения окружающей территории.
3. Окрестности разреза «Дунаевский», между технологическими дорогами. В 2010 г. угольный разрез находился на стадии разработки, сейчас технологические дороги используются круглогодично и являются основными источниками техногенного загрязнения.

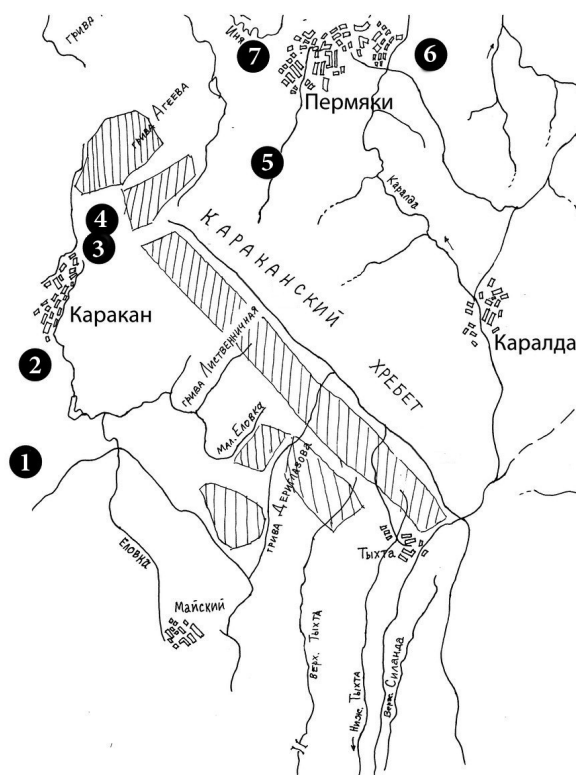


Рис. 3. Расположение широтных мониторинговых площадок на Караканском хребте.
1–7 см. в тексте.

4. Между разрезами «Дунаевский» и Пермяковский», залежь, нарушение растительного покрова происходило путем многократной вспашки, расположена на территории горного отвода разреза «Дунаевский». В 2010 г. территория представляла обширную залежь. По мере развития разреза территория залежи постоянно уменьшается. Основным источником загрязнения является эоловый перенос частиц из карьера и близлежащих отвалов.
5. Между восточным склоном Караканского хребта и с. Пермяки, редкостойные ивово-осиновые заросли с многочисленными полянами. Участок защищен от воздействия отвалов и разрезов Караканским хребтом и может рассматриваться в качестве контроля.
6. Восточная окраина с. Пермяки, территория представлена частично выгоном, частично залежью. Основной фактор зимнего загрязнения — частицы сажи, угля, образующиеся при бытовом сжигании угля.

7. Обочина дороги с. Пермяки — с. Новохудяково, 1,5 км на север от с. Пермяки, обширная поляна в долине р. Иня. Защищена от выбросов со стороны угольных разрезов и с. Пермяки большими лесными насаждениями и может рассматриваться в качестве контроля.

В 2012 г. заложены постоянные мониторинговые площади для многолетних наблюдений за температурным режимом почв; структурой фитомассы луговых сообществ; динамикой структурных показателей растительных сообществ; изучения физиологических и биохимических реакций на антропогенные стрессоры; фауной хортобионтов.

Мониторинговые исследования на Караканском хребте проводятся в пределах двух кластеров — северного и южного на восьми мониторинговых площадях (рис. 4). Две контрольные мониторинговые площади размещены в окрестностях с. Каралда, где техногенное влияние угольных предприятий минимально.

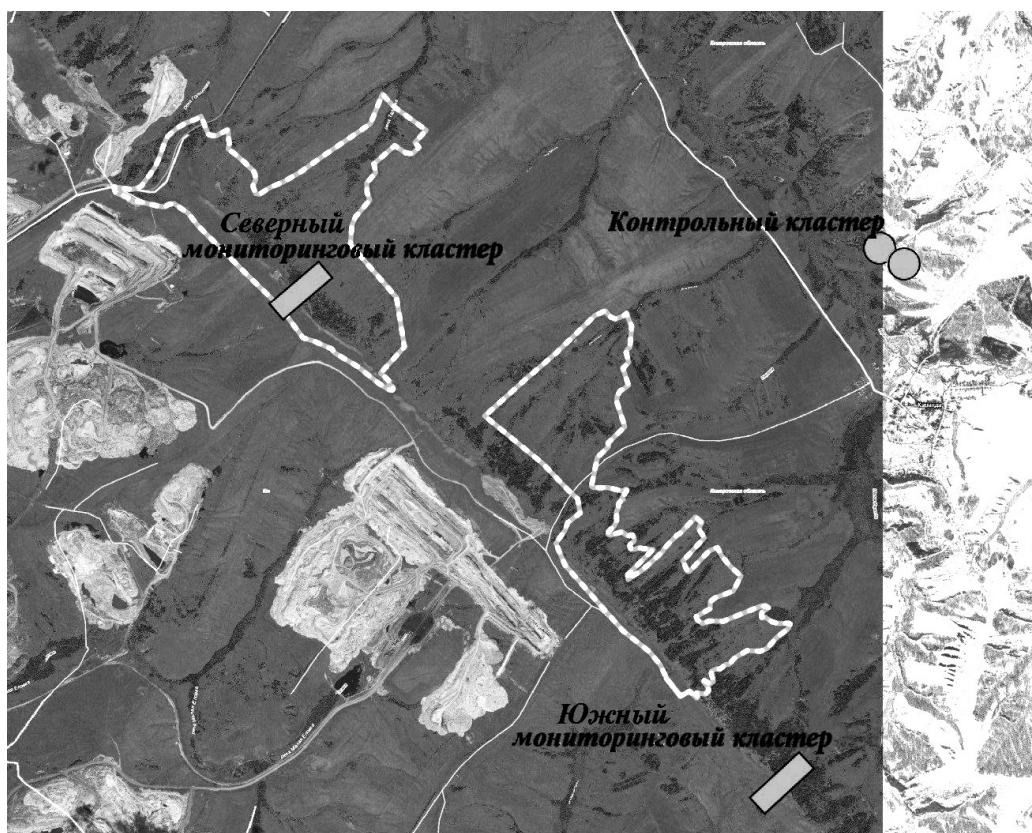


Рис. 4. Расположение мониторинговых кластеров и контроля. Штриховая линия — граница регионального заказника «Караканский».

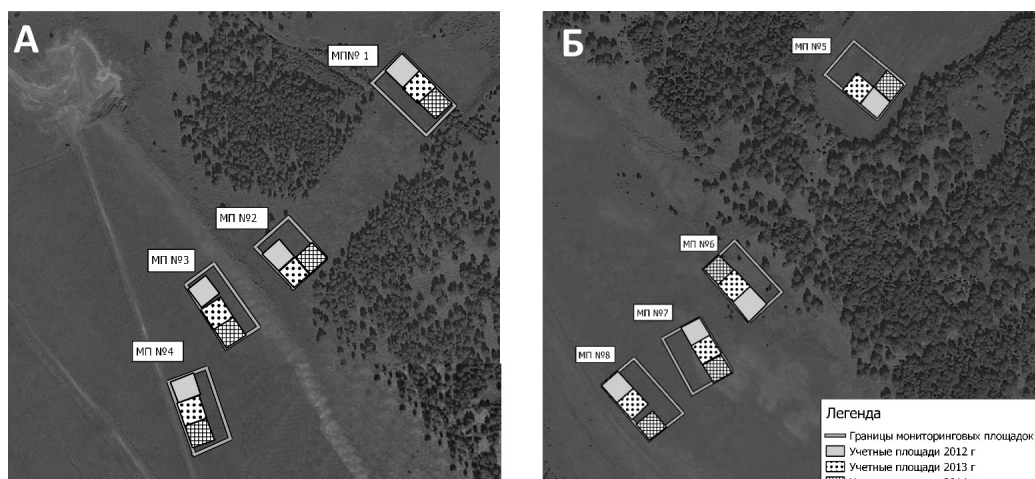


Рис. 5. Расположение мониторинговых площадей на трансектах.
а – трансекта 1 (МП-1–МП-4), б – трансекта 2 (МП-5–МП-8).

Распределение мониторинговых кластеров проведено с учетом геоморфологических различий местообитаний на разных склонах и местоположениях хребта, а именно в привершинной и срединной частях северо-восточного и юго-западного склонов хребта (рис. 5). Мониторинговые площади (МП) имеют прямоугольную форму и площадь 0,5 га, размер пробной площади составляет 90 м^2 (рис. 6). Границы мониторинговых и пробных площадей зафиксированы точками координат с помощью GPS.

МП-1. Северный кластер.

Северо-восточный склон, центральная часть, средняя высота 340 м над у. м., крутизна 12–14 %; антропогенное влияние – сплошная рубка (более 30 лет назад), территория периодически подвергается весенним палам. Мезофильный лесной луг с элементами лесного высокотравья.

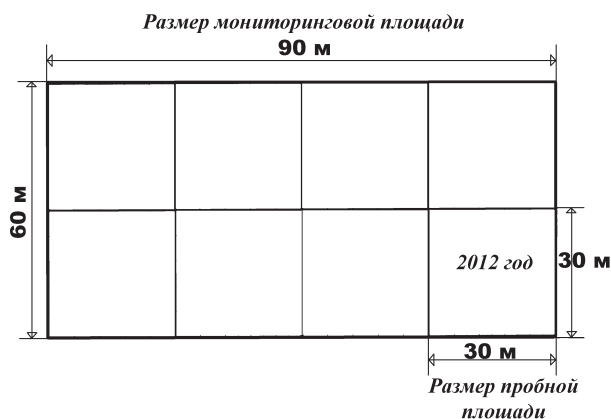


Рис. 6. Размеры мониторинговых и пробных площадей

МП-2. Северный кластер. Северо-восточный склон, привершинная часть, средняя высота 450 м над у. м., крутизна 6–7 %; антропогенное влияние –

территория частично подвергается весенним палам. Мезофильный лесной луг с элементами лесного высокотравья.

МП-3. Северный кластер. Юго-западный склон, привершинная часть, средняя высота 433 м над у. м., крутизна до 15°; антропогенное влияние — территория постоянно подвергается весенним палам; пылевое и химическое загрязнение — большая часть выбросов от действующих разрезов выпадает на данную территорию [Голохваст и др., 2014а]. Закустаренные луговые степи.

МП-4. Северный кластер. Юго-западный склон, средняя часть, средняя высота 433 м над у. м., крутизна 6–8°; антропогенное влияние — территория постоянно подвергается весенним палам; пылевое и химическое загрязнение — большая часть выбросов от действующих разрезов выпадает на данную территорию [Голохваст и др., 2014а]. Остепненные лесные луга.

МП-5. Южный кластер. Северо-восточный склон, центральная часть, средняя высота 353 м над у. м., крутизна до 15°, антропогенное влияние — частично территория подвергается весенним палам, имеются следы распашки и косьбы более 10 лет назад.

МП-6. Южный кластер. Северо-восточный склон, привершинная часть, средняя высота 431 м над у. м., крутизна 4–6°, антропогенное влияние — территория постоянно подвергается весенним палам. Лесные луга.

МП-7. Южный кластер. Юго-западный склон, привершинная часть, средняя высота 443 м над у. м., крутизна 30°; антропогенное влияние — территория постоянно подвергается весенним палам, пылевое и химическое загрязнение — большая часть выбросов от действующих разрезов [Голохваст и др., 2014а]. Закустаренные степи.

МП-8. Южный кластер. Юго-западный склон, средняя часть, средняя высота 406 м над у. м., крутизна 4–6°, антропогенное влияние — территория постоянно подвергается весенним палам, пылевое и химическое загрязнение — большая часть выбросов от действующих разрезов, отмечены следы косьбы более 10 лет назад. Суходольные луга.

МП-9. Контроль. Окрестности с. Каралда, в средней части юго-восточного склона, крутизной до 4°, антропогенное влияние — не ежегодное сенокошение. Лесные луга.

МП-10. Контроль. Окрестности с. Каралда, в средней части северо-восточного склона, крутизной до 4°, антропогенное влияние — не ежегодное сенокошение. Лесные луга.

Глава 3

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ

Почвенные исследования является составной частью экологического мониторинга [Гришина и др., 1991; Израэль и др., 1978; Ковда, Керженцев, 1983; Мотузова, 1994]. В почве происходят многочисленные процессы трансформации и миграции вещества, являющиеся важнейшими звеньями биогеохимического круговорота, определяющего связь между компонентами экосистем. Обладая высокой емкостью поглощения, почва является главным аккумулятором, сорбентом и разрушителем химических веществ. Тем самым она может выступать в качестве геохимического барьера на пути миграции различных загрязнителей. Однако буферные возможности почв хотя и значительные, но не беспредельны. Чрезмерное загрязнение приводит к изменению ее химического состава, физического и биологического состояния, постепенной деградации и, в конце концов, к разрушению. Эти негативные изменения неминуемо отражаются на других компонентах экосистемы, в первую очередь, на видовом разнообразии, продуктивности и устойчивости фитоценозов. Поэтому основной целью почвенного мониторинга является своевременное обнаружение негативных изменений в свойствах и характеристиках почвы. В зоне влияния горнопромышленного производства в качестве показателей мониторинга состояния почв нами принята агрохимическая характеристика — совокупность химических, агрофизических свойств и параметров, определяющих уровень плодородия почв.

Таблица 1

Агрохимические свойства почв

Номер площадки	pH _{сол}		pH _{водн}		P ₂ O ₅ , мг/кг		K ₂ O, мг/кг		Подвижная сера, мг/кг		Сумма поглощенных оснований, мг-экв./100 г		Емкость поглощения, мг-экв./100 г.	
	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014
Северный кластер (первая трансекта)														
МП-1	5,1	4,9	6,1	5,8	60	38	170	220	7,1	4,9	32,0	33,5	37,0	39,2
МП-2	5,1	5,1	6,1	5,9	71	38	260	185	8,7	4,3	36,5	35,0	42,5	40,4
МП-3	6,0	5,9	6,9	6,7	188	216	560	345	14,8	10,9	45,8	78,0	48,7	81,0
МП-4	5,9	6,0	6,9	6,8	151	87	490	500	13,1	4,9	63,0	61,5	65,0	64,2
Южный кластер (вторая трансекта)														
МП-5	4,4	4,3	5,4	5,2	65	60	115	110	3,2	2,7	23,5	25,5	29,6	27,9
МП-6	4,8	4,8	5,8	5,6	103	87	720	580	9,2	6,5	39,0	50,0	49,1	56,4
МП-7	5,8	5,5	6,8	6,2	151	93	350	360	13,7	10,3	82,5	70,1	88,1	75,8
МП-8	5,5	5,3	6,3	6,2	109	50	260	160	9,8	2,7	59,5	58,5	63,8	63,2
Контроль														
МП-9	5,9	5,6	6,4	6,3	222	146	840	580	10,9	3,2	57,0	55,0	60,6	59,5
МП-10	5,3	4,5	6,2	5,6	151	55	170	120	11,4	3,2	48,5	38,5	52,2	47,9

Методика

Работы выполнены в соответствии с действующими нормативными документами [Методические указания..., ГОСТ 17.4.3.01–83, ГОСТ 17.4.4.02–84]. Определялись реакция почвенного раствора ($\text{pH}_{\text{сол}}$, $\text{pH}_{\text{водн}}$), подвижные формы фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O), емкость поглощения почв и сумма поглощенных оснований. Определялись количество солей в почве и состав водной вытяжки. Пробы отбирались на глубине 10–20 см, один раз за сезон в течение трех лет подряд.

Результаты исследований

По нашим наблюдениям за 2012 и 2014 гг. $\text{pH}_{\text{сол}}$ и $\text{pH}_{\text{водн}}$ северо-восточных склонов ниже, чем юго-западных, и составляют 4,8 и 5,7 против 5,7 и 6,6 соответственно. Сильно кислая почва отмечена на северо-восточной части второй трансекты. В контроле почвы близки к нейтральной (табл. 1).

Содержание растворимых форм фосфора в среднем за два года наблюдений на северо-восточных склонах составляет 65,2 мг/кг, на юго-западном склоне — 130,6 мг/кг, в контроле 143 мг/кг, что соответствует кислым и нейтральным почвам степного ядра Кузнецкой котловины [Присянникова, 2007].

Содержание подвижного калия в среднем за два года наблюдений чрезвычайно высокое: на северо-восточных склонах — 229,7 мг/кг, на юго-западном склоне — 378,1 мг/кг, в контроле — 427,5 мг/кг. Высокое содержание подвижных форм калия характерно для почв Кузнецкой котловины, но в целом в почвах Беловского района оно значительно ниже [Заушинцева и др., 2004].

Сумма поглощенных оснований достаточно мала и составляет для северо-восточных склонов в среднем за два года 34,4, на юго-западном склоне — 64,9 и в контроле — 49,8 мг-экв./100 г соответственно.

Емкость поглощения чрезвычайно высокая: для северо-восточных склонов в среднем за два года 40,3, на юго-западном склоне — 68,7, в контроле — 55,0 мг-экв./100 г соответственно. Несмотря на то, что северо-восточный склон представлен серыми лесными почвами, емкость поглощения более соответствует черноземам.

Анализ водной вытяжки показывает незначительное засоление: для северо-восточных склонов в среднем за два года 0,111 %, на юго-западном склоне — 0,114 %, в контроле — 0,126 %. В составе водной вытяжки преобладают сульфаты (табл. 2).

Таблица 2
Агрохимические свойства почв (водная вытяжка)

Номер площадки	Сухой остаток, %		Гидро- карбонаты, %		Хлориды, %		Сульфаты, %		Кальций, %		Магний, %		Калий, %	
	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014
Северный кластер (первая трансекта)														
МП-1	0,068	0,072	0,009	0,007	0,008	0,008	0,036	0,039	0,009	0,010	0,007	0,007	0,002	0,003
МП-2	0,122	0,118	0,010	0,006	0,007	0,008	0,087	0,076	0,009	0,014	0,010	0,014	0,003	0,002
МП-3	0,105	0,177	0,018	0,012	0,008	0,008	0,057	0,113	0,014	0,034	0,011	0,012	0,005	0,003
МП-4	0,099	0,107	0,005	0,017	0,007	0,008	0,055	0,059	0,013	0,015	0,010	0,010	0,005	0,002
Южный кластер (вторая трансекта)														
МП-5	0,073	0,124	0,005	0,013	0,007	0,007	0,042	0,076	0,009	0,018	0,008	0,011	0,002	0,002
МП-6	0,133	0,175	0,020	0,006	0,007	0,008	0,076	0,078	0,016	0,011	0,011	0,014	0,012	0,009
МП-7	0,112	0,104	0,041	0,007	0,008	0,009	0,051	0,115	0,016	0,029	0,013	0,015	0,002	0,002
МП-8	0,096	0,114	0,043	0,009	0,008	0,008	0,036	0,063	0,019	0,015	0,008	0,011	0,002	0,001
Контроль														
МП-9	0,173	0,114	0,051	0,009	0,007	0,008	0,084	0,067	0,029	0,016	0,011	0,009	0,015	0,008
МП-10	0,140	0,079	0,041	0,005	0,008	0,007	0,071	0,047	0,026	0,013	0,011	0,007	0,002	0,001

Глава 4

ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ

Загрязнение атмосферного воздуха, повышение уровня тяжелых металлов в почве и растениях является одним из ведущих факторов риска для здоровья населения. К настоящему времени установлена статистически достоверная зависимость от загрязнения атмосферного воздуха заболеваемости бронхитом, пневмонией, эмфиземой легких, а также другими респираторными заболеваниями. Более того, за перенапряжением и срывом защитных функций и снижением адаптационных резервов организма человека следует развитие острых и хронических процессов [Христофорова, 2005; Голохваст, 2013].

Основным фактором в загрязнении являются взвешенные частицы. Считается, что частицы воздушных взвесей с диаметром менее 10 мкм (они могут составлять 40–70 % взвешенных частиц), легко проникающие в организм человека, наиболее опасны [Голохваст, 2013]. Кроме того, взвешенные частицы сорбируют большое количество токсичных веществ, которые также попадают во внутреннюю среду организма.

К настоящему времени методики исследования атмосферных взвесей позволяют определять их химический (элементный) и гранулометрический составы, а также физико-химические свойства. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки. Классификация взвешенных в атмосферном воздухе частиц только по размеру не учитывает состав и физико-химические характеристики компонентов. Химический анализ взвесей позволяет выявить только токсические вещества. Поэтому в данной работе применялся комплексный метод анализа атмосферных взвесей.

Методика

Содержание тяжелых металлов в почве и растительных образцах определяли атомно-адсорбционным методом [Методические указания..., 1992].

Отбор снеговых проб для учета загрязнения проводился как по обе стороны Караканского хребта, так и на двух трансектах на склонах хребта (см. рис. 3, 4). Вырезание кернов на всю глубину снегового покрова производилось с помощью цилиндрического пробоотборника диаметром 50 мм.

Для отбора проб выбирали площадку, на которой можно построить треугольник со сторонами не менее 10 м. В вершинах треугольника размечались учетные площадки 1×1 м. Получалось три учетных площадки. Отбор проб проводился методом конверта — по 5 проб с каждой учетной площадки. Снеговой керн отбирался на всю глубину снежной толщи. Все 15 проб смешивали и формировали одну средневзвешенную пробу. Банки с пробами помещались в холодильник до проведения анализов.

Для исследования взвешенных частиц использовался комплексный метод исследования частиц атмосферных взвесей, включающий лазерную гранулометрию, масс-спектрометрию высокого разрешения, сканирующую электронную микроскопию с энергодисперсионным анализом. Для лазерной гранулометрии из каждого образца снеговых проб набирали 60 мл жидкости и анализировали на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTec (Fritsch, Germany), позволяющем в ходе одного измерения устанавливать распределение



Рис. 7. Лазерный анализатор частиц Analysette 22 NanoTec plus (Fritsch, Germany)



Рис. 8. Масс-спектрометр высокого разрешения с индуктивно-связанной плазмой Element XR (Thermo Scientific, USA)

частиц по размерам, а также определять их форму и ряд морфометрических параметров (рис. 7). Измерения проводились в режиме «nanotec» с установками «carbon black/water 20 °C».

Также из каждого образца набирали 10 мл жидкости и анализировали на масс-спектрометре высокого разрешения с индуктивно-связанной плазмой Element XR (Thermo Scientific, USA) (рис. 8). Измерения проводили с использованием методики ЦВ 3.18.05–2005 ФР.1.31.2005.01714 (методика выполнения измерений элементного состава питьевых, природных, сточных вод и атмосферных осадков методом масс-спектрометрии с ионизацией в индуктивно-связанной плазме). Пробы отфильтровывались от твердого осадка.

Разброс данных по содержанию тяжелых металлов на склонах Караканского хребта и контроля по отдельным элементам чрезвычайно велик и не имеет направленных трендов, поэтому для анализа были объединены значения по трем вариантам: северо-восточный склон, юго-западный склон, контроль.

Вещественный анализ взвесей проводили на световом микроскопе SMZ1000 (Nikon, Japan) и сканирующем электронном микроскопе S-3400N (Hitachi, Japan) с энергодисперсионным спектрометром Ultra Dry (Thermo Scientific, USA) (рис. 9).

Для определения содержания тяжелых металлов в растительных образцах выбраны три участка, характеризующихся разной степенью загрязнения. В качестве контроля выбран участок между восточным склоном Караканского хребта и с. Пермьяки. Этот участок характеризуется низким содержанием тяжелых металлов. Второй вариант с наибольшим загрязнением находится с юго-западной стороны Караканского хребта возле Дунаевского разреза. Третий – среднее загрязнение, находился на юго-западном склоне Караканского хребта между Дунаевским и Пермьяковским разрезами. В качестве растительных образцов взяты три вида, постоянно встречающихся на всех площадках: *Vicia cracca*, *Sonchus arvensis*, *Dactylis glomerata*, у которых анализировалось содержание тяжелых металлов в листьях и стеблях.



Рис. 9. Сканирующий электронный микроскоп S-3400N (Hitachi, Japan)

Растения собирали в соответствии с методикой отбора образцов на тяжелые металлы по ГОСТ 24.027.0–80. С пробной площади отбирали 25–30 экземпляров, чтобы образец сырой травы составлял не менее 1 кг. Пробы отбирали в сухую погоду, после схода росы, скашивая растения на высоте 3–5 см в 5–10 местах пробной площадки. В лаборатории растительные пробы измельчили.

Валовое содержание тяжелых металлов в почвах

Понятие «тяжелые металлы» было заимствовано из технических наук и используется в изучении проблем техногенеза, особенно в исследованиях биохимических последствий для человека. Валовое содержание тяжелых металлов в почвах является фактором их емкости, отражающим потенциальную опасность и возможность загрязнения растительного покрова.

Валовое содержание свинца (Pb) чрезвычайно высокое и составляет для северо-восточных склонов в среднем за два года 18,3, на юго-западном склоне — 18,6, и в контроле — 14,8 мг/кг соответственно, что в 2,1–2,6 раза превышает фоновые показатели по Кемеровской области (табл. 3), но находится ниже фоновых значений Ерунаковского лесостепного геохимического района [Потапов и др., 2005; Счастливец, 2005].

Валовое содержание кадмия (Cd) очень высокое: для северо-восточных склонов в среднем за два года 0,610, на юго-западном склоне — 0,930 и в контроле — 0,573 мг/кг. Обращает на себя внимание тот факт, что на юго-западном склоне валовое количество кадмия в 2,3 раза превышает фоновые значения, в то время как в контроле всего в 1,4 раза — аномально высокое значение [Потапов и др., 2005].

Валовое содержание меди (Cu) во всех вариантах больше ПДК и превышает фоновые значения в 1,2–1,5 раза, выше всего содержание в почвах юго-западного склона (см. табл. 3).

Валовое содержание цинка (Zn) незначительно превышает фоновые значения в контроле и на северо-восточном склоне и в 1,3 раза — на юго-западном склоне (табл. 3).

Валовое содержание марганца (Mn) (табл. 3) составляет по вариантам 1156–1414 мг/кг, что превышает фоновые показатели в 1,4–1,7 раза, но ниже среднего фонового значения Ерунаковского лесостепного геохимического района [Потапов и др., 2005].

Валовое содержание никеля (Ni) составляет по вариантам 27,7–31,8 мг/кг, что соответствует фоновым показателям [Просяникова, 2007].

Фоновое содержание кобальта (Co) – 13,9–16,0 мг/кг. На северо-восточных склонах в среднем за два года – 16,3 мг/кг, на юго-западных – 13,6 мг/кг и в контроле – 14,3 мг/кг.

Содержание железа (Fe) в почвах может достигать 38000 мг/кг [Просяникова, 2007], фоновое значение для Кемеровской области находится в диапазоне 29000–30000 мг/кг. На северо-восточных склонах в среднем за два года содержание железа составляет 31236 мг/кг, на юго-западных склонах – 34373 и в контроле – 29852 мг/кг.

Валовое содержание хрома (Cr) составляет по вариантам 13,6–16,0 мг/кг, это 0,64–0,76 от фоновых показателей.

Валовое содержание ртути (Hg) и мышьяка (As) во много раз меньше фоновых показателей Кемеровской области.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов

Концентрация тяжелых металлов водной вытяжки показывает степень подвижности самых активных и «агрессивных» форм элементов в почве. С другой стороны, в небольших концентрациях многие тяжелые металлы являются микроэлементами (В, Mn, Cu, Zn, Mo, Co), оказывающими значительное действие на продуктивность растений. Биологическая роль микроэлементов определяется тем, что многие из них входят в состав физиологически активных соединений: ферментов, гормонов, витаминов, существенно влияющих на жизненные процессы.

Роль железа в биохимии растений велика: железо присутствует в геме и негемовых белках и концентрируется главным образом в хлоропластах; органические комплексы железа участвуют в переносе электронов при фотосинтезе; негемовые железосодержащие белки участвуют в восстановлении нитритов и сульфатов; процесс преобразования хлорофилла, по-видимому, осуществляется с участием железа; по всей вероятности, железо непосредственно вовлекается в метаболизм нуклеиновой кислоты; известна также каталитическая и структурная роль Fe^{2+} и Fe^{3+} .

Таким образом, железо не только играет активную роль в окислительно-восстановительных реакциях хлоропластов, митохондрий и пероксисомы, но и выполняет другие функции в растениях [Алексеев, 1987].

Таблица 3

Валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка в почве, мг/кг

Элемент	Год	Первая трансекта						Вторая трансекта				Контроль		ПДК (ОДК)	Фон
		МП 1	МП 2	МП 3	МП 4	МП 5	МП 6	МП 7	МП 8	МП 9	МП 10				
Pb	2012	17,6	18,5	17,0	16,7	13,2	21,4	18,6	13,2	14,9	12,1	65 (130)	7,0	65 (130)	7,0
	2014	18,4	19,7	25,6	15,1	14,0	23,8	28,2	14,6	17,7	14,6				
Cd	2012	0,523	0,623	0,737	0,727	0,377	0,790	0,877	0,567	0,603	0,570	1,0 (2)	0,40	1,0 (2)	0,40
	2014	0,373	0,630	1,720	0,620	0,600	0,971	1,720	0,477	0,683	0,437				
Cu	2012	15,7	17,4	24,3	25,8	17,2	21,0	22,9	26,0	23,4	22,5	66 (132)	17,9	66 (132)	17,9
	2014	20,0	19,6	32,1	28,5	22,5	29,9	24,4	34,3	29,9	26,6				
Zn	2012	71,1	101,0	99,4	96,6	63,6	117,0	105,0	73,1	76,0	80,4	110 (220)	72,0	110 (220)	72,0
	2014	77,4	86,3	116	74,9	60,1	26,6	119	72,4	78,6	73,0				
Mn	2012	1266	1524	797	857	1376	1248	1170	980	931	1133	1500	806	1500	806
	2014	1246	1400	1150	1110	1540	1715	1555	1628	1390	1373				
Ni	2012	26,5	28,7	28,1	32,1	29,4	24,5	23,6	34,0	31,1	29,7	40 (80)	31,1	40 (80)	31,1
	2014	28,8	26,8	27,6	31,3	30,6	26,6	26,9	36,9	33,9	32,7				
Co	2012	15,4	14,6	12,3	12,7	15,3	15,9	13,2	13,5	12,9	13,0	-	13,9	-	13,9
	2014	17,1	18,1	13,8	12,4	16,6	17,9	15,1	16,3	15,2	16,2				
Fe	2012	21615	24099	26372	24809	23970	30436	26023	29434	24679	22192	-	29000	-	29000
	2014	36104	34527	35822	39957	33454	45787	47618	44958	36510	35915				

Cr	2012	17,4	18,2	14,5	15,5	20,2	16,0	11,8	13,9	11,8	8,08	21,1
	2014	15,9	14,8	10,5	16,3	12,5	13,6	15,7	23,8	16,6	17,8	-
Hg	2012	0,006	0,005	0,003	0,001	0,004	0,006	0,003	0,005	0,002	0,002	0,040
	2014	0,006	0,006	0,003	0,001	0,001	0,012	0,009	0,010	0,007	0,003	2,1
As	2012	1,98	3,07	2,43	2,91	3,30	3,66	1,51	0,84	1,05	1,98	5(10)
	2014	2,47	2,47	0,88	0,95	3,51	0,69	1,30	1,29	1,16	1,40	3,10

Содержание водорастворимых формы железа более всего на северо-восточном склоне 10,8 мг/кг, на юго-западном и в контроле — 3,3–3,5 мг/кг.

Медь выполняет важные биохимические функции в растениях. Присутствует в основных комплексных соединениях с низкомолекулярными органическими веществами и протеинами; входит в состав ферментов, жизненно важных для метаболизма растений, играет значительную роль в некоторых физиологических процессах — фотосинтезе, дыхании, перераспределении углеводов, восстановлении и фиксации азота, метаболизме протеинов и клеточных стенок, влияет на проницаемость сосудов ксилемы для воды и таким образом контролирует баланс влаги, образование ДНК и РНК. Ее дефицит заметно тормозит размножение растений (уменьшает образование зерновок у злаков, приводит к стерильности спор), оказывает влияние на механизмы, определяющие устойчивость к заболеваниям.

В жизнедеятельности всех живых организмов в окислительно-восстановительных процессах медь участвует наряду с железом. Она входит в состав пластоцианина растений и является кофактором таких важных ферментов, как цитохромоксидаза, полифенол-, ди-, amino- и аскорбиноксидазы [Ловкова и др., 1989].

Содержание меди на северо-восточном склоне 0,31 мг/кг, на юго-западном — 0,20, в контроле — 0,39 (табл. 4). Содержание меди несколько выше, чем в почвах Западной Сибири [Методические указания..., 1992; Красницкий, 2001], но в целом не превышает допустимые колебания [Просяникова, 2007].

Цинк широко распространен и в небольших количествах встречается повсеместно в горных породах, почвах, водах рек, озер, океанов, в составе животных и растительных организмов [Каталымов, 1965], но в

свободном виде не встречается. Цинк не проявляет переменной валентности, и, видимо, поэтому его биоконплексы принимают участие во многих биохимических реакциях гидролиза, идущих без переноса электронов. Ион цинка входит в состав более 100 металлоферментов, без которых невозможен гидролиз белка, полисахаридов, липидов, эфиров фосфорной кислоты, АТФ и других биологически важных органических веществ любой клетки.

Согласно классификации тяжелых металлов по экологической опасности И.Н. Лозановской, Д.С. Орлова и Л.К. Садовниковой [1998] цинк относится ко 2-й группе — умеренно токсичные элементы.

Цинк, с одной стороны, относится к приоритетным токсикантам, с другой — является физиологически важным микроэлементом [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Vetter et al., 1974].

Цинк выполняет важные функции в метаболизме растений. Наиболее существенная из них — это вхождение в состав разнообразных энзимов, таких как дегидрогеназы, протеиназы, пептидазы и фосфогидролазы. Основные функции цинка в растениях связаны с метаболизмом углеводов, протеинов и фосфата, а также с образованием ауксина, ДНК и рибосом [Price et al., 1972; Школьник, 1974].

Цинк влияет на проницаемость мембран, стабилизирует клеточные компоненты и системы у микроорганизмов. Большинство экспериментальных данных свидетельствует о положительном влиянии цинка на интенсивность дыхания растений [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989]. Полагают, что цинк повышает устойчивость растений к сухим и жарким погодным условиям, а также к бактериальным и грибковым заболеваниям. Цинк также повышает обводненность тканей растений. В условиях нормального водного режима растений цинк увеличивает содержание воды. Дефицит цинка приводит к угнетению гликолиза [Boawn et al., 1969].

Водорастворимых форм цинка более всего (5,88 мг/кг) в почвах северо-восточного склона, на юго-западном склоне и в контроле — 3,28—3,35 мг/кг, это несколько превышает ПДК, но находится в границах фоновых концентраций (табл. 4).

Марганец является биогенным элементом и одним из десяти металлов, необходимых для нормального протекания процессов в живых организмах [Велданова, 2000]. Марганцу принадлежит важная роль в жизнедеятельности живой клетки: многочисленные реакции углеводного, белкового и фосфорного обмена катализируются ферментами, активируемыми ионами марганца, в их числе карбоксилазы, аминопептидазы, галактотрансферазы, аргиназы, щелочные фосфатазы и т. д.

Основной источник поступления марганца в почву — почвообразующие породы [Виноградов, 1957]. Марганец входит в состав многих минералов. В почвах

марганец находится в виде двух-, трех- и четырехвалентных соединений. В настоящее время известно около 150 марганцевых минералов, в которых наиболее распространённым является его окислительное состояние $^{2+}$ [Анспок, 1990].

В почве марганец находится в составе различных минеральных, органоминеральных и органических соединений в следующих формах: водорастворимой, адсорбированной, труднорастворимых солей — фосфатов, карбонатов, оксидов и гидроксидов, в составе органического вещества, в структуре кристаллических решеток почвенных минералов [Шеуджен и др., 1997].

Марганец является необходимым элементом в питании растений. Он принимает участие в окислительно-восстановительных процессах: фотосинтезе, дыхании, образовании хлорофилла, витаминов, ферментов, белковом, углеводном обмене и в усвоении минерального азота. Марганец отличается активным поглощением и переносом в растительных организмах [Алексеев, 1987; Robinson, Glen, 1945].

Содержание воднорастворимых форм марганца уменьшается с северо-восточного склона (49,89 мг/кг) к юго-западному — 29,75 мг/кг и контролю — 17,65 мг/кг (табл. 4). Его содержание ниже фоновых величин [Просяникова, 2007].

Кобальт относится к числу мало распространенных в природе химических элементов [Анспок, 1990]. Его значение в жизни растений заключается в образовании металлоорганических соединений, повышающих активность различных ферментов, катализирующих биохимические процессы. Он положительно влияет на поступление азотистых веществ, увеличивает содержание хлорофилла и аскорбиновой кислоты, активизирует фотосинтез и повышает содержание белкового азота [Ягодин, 1969], активизируя некоторые дыхательные ферменты у растений, способствуя накоплению в растениях азотистых веществ и углеводов, участвуя в построении молекулы витамина B_{12} [Курилюк, 1964; Ягодин, 1964; Школьник, 1974; Ивлеву, 1986; и др.]. Содержание растворимых форм кобальта на Караканском хребте 0,20–0,23 мг/кг, что в два раза ниже фоновых показателей.

Свинец в последнее время привлекает большое внимание как один из главных компонентов химического загрязнения среды и как элемент, токсичный для растений [Волошин, 2007]. Наиболее опасен свинец в начальный период вегетации, когда формируются организм растения и его защитно-приспособительные механизмы. Свинец является характерным биотоксикантом, проявляющим признаки токсичности даже при низком содержании его в растении. Низкие концентрации свинца оказывают довольно сильное действие на различные процессы, происходящие в растении, включая фотосинтез и дыхание. Действие может происходить как на физиологическом, так и на химическом уровне [Башмаков, Лукатин, 2002].

Таблица 4

Содержание подвижных форм тяжелых металлов

Элемент	Год	Первая трансекта				Вторая трансекта				Контроль		ПДК (ОДК)	Фон
		МП-1	МП-2	МП-3	МП-4	МП-5	МП-6	МП-7	МП-8	МП-9	МП-10		
Pb	2012	2,14	1,88	1,42	1,00	1,29	2,09	2,36	2,44	1,15	1,11	6,0	2,7
	2014	2,60	4,89	2,64	2,63	1,76	2,63	3,66	2,46	2,05	1,96		
Cd	2012	0,277	0,317	0,15	0,24	0,27	0,35	0,22	0,34	0,22	0,26	(0,30)	0,15
	2014	0,22	0,25	0,19	0,23	0,16	0,31	0,32	0,17	0,19	0,16		
Cu	2012	0,33	0,50	0,30	0,13	0,38	0,51	0,50	0,20	0,83	0,32	3,0	0,13
	2014	0,13	0,10	0,11	0,12	0,40	0,10	0,10	0,12	0,21	0,20		
Zn	2012	6,25	12,7	2,83	3,40	3,88	12,3	3,58	1,96	1,87	5,20	23	5,43
	2014	6,01	7,35	4,27	1,52	2,14	9,64	7,37	2,07	2,41	3,67		
Mn	2012	42,8	89,1	13,3	38,5	94,1	57,5	36,8	61,6	22,0	14,2	140	52,4
	2014	22,3	20,9	20,7	24,6	25,6	22,8	20,02	21,1	15,6	18,8		
Ni	2012	0,66	0,54	0,27	0,33	1,33	0,30	0,25	0,47	0,27	0,40	4,0	0,78
	2014	1,12	0,61	0,30	0,34	1,01	0,30	0,31	0,42	0,69	1,34		
Co	2012	0,15	0,38	0,32	0,13	0,32	0,23	0,14	0,22	0,11	0,17	5,0	0,45
	2014	0,31	0,19	0,18	0,29	0,15	0,19	0,19	0,20	0,19	0,35		
Fe	2012	4,64	5,22	2,27	2,26	15,0	14,0	4,53	2,23	2,38	6,20		.
	2014	7,70	7,12	2,61	2,42	12,6	20,0	7,13	2,70	2,96	2,36		
Cr	2012	1,2	0,60	0,80	0,61	0,40	0,33	0,80	1,33	0,70	0,50	6,0	0,50
	2014	1,30	0,90	0,40	0,6	1,31	0,32	0,20	0,20	0,40	0,70		

На склонах Караканского хребта содержание растворимых форм свинца составляет 2,33–2,40 мг/кг, в контроле — 1,57 мг/кг, что практически соответствует фоновому уровню для юга Западной Сибири.

Хром, по данным некоторых авторов [Mertz, 1969], оказывает положительное влияние на рост растений, если его вносить в почву в небольших количествах и с низким содержанием его растворимых форм. Его биологическая роль для растений и растительных сообществ выяснена еще не полностью [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989].

Более всего растворимых форм хрома находится на северо-восточном склоне — 0,8 мг/кг, на юго-западном склоне и в контроле — 0,60–0,58 мг/кг.

Кадмий в природной среде встречается лишь в малых количествах. Именно поэтому его отравляющее действие было выявлено лишь недавно. Загрязнение кадмием окружающей среды происходит при сжигании дизельного топлива, применении фосфорных удобрений; его используют в качестве присадки к сплавам, при производстве лаков, эмалей, керамики и пластмасс.

Содержание кадмия высокое и составляет 0,20–0,27 мг/кг, что несколько больше фоновых величин (см. табл. 4).

Динамика тяжелых металлов в снеговых пробах

Снеговые выпадения обладают рядом свойств, позволяющих проводить изучение не только загрязнения самих атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения вод и почв. Химический состав снега адекватно отражает загрязнение атмосферы. Особенно информативным этот показатель становится в районах с устойчивым многомесячным снежным покровом. В северных регионах в зимний период характерно накопление в снежном покрове элементов, доминирующих в составе атмосферных аэрозолей. Качество снежного покрова ярко демонстрирует влияние различных источников загрязнения атмосферного воздуха на поверхности земли, а также позволяет проследить пространственное распределение загрязняющих веществ по территории и получить достоверную картину зон влияния конкретных технологических объектов [Василенко и др., 1985].

На мониторинговых площадках, расположенных возле Караканского хребта, выделяется участок между северо-восточным склоном Караканского хребта и с. Пермьяки с наименьшим загрязнением снеговых проб по кадмию, свинцу, хрому, марганцу, железу, никелю, цинку. Наибольшее загрязнение снеговых проб по

кадмию, свинцу, никелю, цинку, железу зафиксировано между технологическими дорогами на юго-западной стороне Караканского хребта. В остальных точках отбора уровень загрязнения средний (табл. 5).

На мониторинговых площадках в пределах трансект содержание кадмия примерно одинаково на северо-восточном, юго-западном склонах и в контроле и составляет 0,03 мкг/л. Содержание свинца на склонах 0,17–0,18 мкг/л, в контроле несколько выше – 0,34 мкг/л. Содержание хрома примерно одинаково и находится в пределах 0,16–0,34 мкг/л. Содержание марганца по склонам и в контроле – в пределах 3,8–7,4 мкг/л. Содержание железа наибольшее на юго-западном склоне – 8,57 мкг/л, на северо-западном склоне и контроле – 3,12–2,63 мкг/л. Содержание никеля находится в широких пределах, больше всего его возле с. Каракан на обочине технологической дороги и между разрезами «Дунаевский» и «Караканский» (1,57–1,58 мкг/л). Наибольшее содержание меди отмечается в снеговых пробах контрольных участков – 0,55 мкг/л, на склонах Караканского хребта оно высокое, но ниже, чем в контроле, – 1,8–2,0 мкг/л. Содержание цинка также выше чем в контроле – 56,01 мкг/л, ррб, на склонах Караканского хребта 14,99–20,88 мкг/л (табл. 5).

Техногенное микроразмерное загрязнение атмосферы

Взвешенные в атмосфере частицы оказывают существенное влияние на качество воздуха, климат и разнообразные гетерогенные химические реакции [Кондратьев, Поздняков, 1981; Кондратьев, 1991, 2004; Куценогий, Куценогий, 2000; Menon et al., 2008; Kulmala et al., 2009, 2011; Mahowald et al., 2011]. По мнению Ф.Ф. Давитая [1971], атмосферные взвеси могут воздействовать на всю биосферу, меняя климат на всей планете. Так, увеличение содержания пыли в атмосфере может вызвать потепление климата. Обусловлено это тремя эффектами: непосредственным нагревом воздуха пылинками, поглощающими коротковолновую радиацию, задержкой ими длинноволнового излучения (парниковый эффект) и усилением турбулентного перемешивания в приземном слое атмосферы.

Первое место по вкладу в массу атмосферных взвесей по современным воззрениям [Шевченко, 2006] занимают эрозивные почвенные процессы и выдувание пустынного грунта [Alonso-Pérez et al., 2012].

На состав атмосферы влияют и антропогенные источники [Голохваст, 2013; Kumar et al., 2012]. Выбросы некоторых крупных промышленных предприятий и ТЭЦ современных городов происходят на высоте не более 180 м при наибольшем

Таблица 5
Средние концентрации (в мкг/л) токсичных металлов в снеговых пробах на участках отбора *
(среднее за 2012 – 2013 гг.)

Площадка	Вариант	Cd ¹¹¹	Ba ¹³⁸	Pb ²⁰⁷	Al ²⁷	Cr ⁵²	Mn ⁵⁴	Fe ⁵⁶	Ni ⁵⁹	Cu ⁶³	Zn ⁶⁶
1		0,03	2,16	0,17	0,8	0,25	6,14	3,04	0,67	2,55	11,04
2		0,04	23,0	0,23	107,60	0,41	10,29	38,33	1,58	1,58	14,72
3		0,06	0,87	0,46	0,15	0,16	5,38	17,8	1,13	2,06	120,00
4		0,02	10,0	0,20	206,90	0,86	9,72	27,7	1,57	1,44	22,00
5		0,01	1,37	0,08	0,27	0,06	3,73	2,25	0,53	1,63	2,75
6		0,04	0,43	0,27	0,08	0,06	19,20	3,96	0,49	1,33	108,61
МП-1	Первая трансекта	0,03	1,34	0,17	9,38	0,26	5,04	3,57	1,24	2,95	11,00
МП-2		0,03	1,46	0,12	2,62	0,14	2,21	6,25	1,50	2,68	21,43
МП-3		0,04	1,70	0,30	12,00	0,18	6,05	4,30	0,93	1,31	23,83
МП-4		0,04	1,07	0,14	2,24	0,17	8,69	14,32	0,83	3,21	11,62
МП-5	Вторая трансекта	0,02	2,06	0,09	0,91	0,29	4,50	0,74	0,40	0,72	8,12
МП-6		0,02	1,15	0,27	2,26	0,68	3,38	1,92	0,29	0,96	42,97
МП-7		0,04	1,52	0,17	2,68	0,14	12,40	14,16	0,72	3,00	16,40
МП-8		0,01	1,16	0,09	2,16	0,17	2,49	1,48	0,28	0,53	8,09
МП-9	Контроль	0,02	1,20	0,15	0,99	0,16	4,95	0,61	0,36	0,62	36,22
МП-10		0,05	2,76	0,53	2,53	0,34	7,83	4,65	0,90	0,48	75,80

* Результаты анализов получены на масс-спектрометре высокого разрешения Element XR.

радиусе разброса от 5 до 7 км. Большинство современных предприятий имеют относительно малые объемы выбросов, с радиусом рассеивания от 0,5 до 3 км [Свинухов и др., 1998; Христофорова, 2005; Amato et al., 2011]. Считается, что выбросы автотранспорта могут составлять до 51 % загрязнений воздушной среды в современном городе [Христофорова, 2005].

Угольная пыль — один из сильнейших загрязнителей воздуха в местах добычи, обладающий выраженным негативным влиянием на здоровье людей [Балашова, 2010; Meegoda et al., 2011]. Максимальный уровень заболеваемости по большинству классов болезней наблюдается при отработке коксовых и жирных углей, биологически агрессивных и наиболее неблагоприятных в фиброгенном отношении и по пылевому фактору [Захаренков и др., 2006; Bharti, Banerjee, 2014; Tiwary, 2001; Wang et al., 2009].

Так, было показано, что условия труда работающих в условиях постоянного загрязнения атмосферы угольной пылью характеризуются комплексом неблагоприятных факторов рабочей среды и трудового процесса, что сопровождается повышением уровня заболеваемости [Захаренков и др., 2006; Сембаев и др., 2008]. Крайне высокий уровень воздействия угольной пыли на окружающую среду и заболеваемость отмечается в Китае [Балашова, 2010]. Отрицательное воздействие на окружающую среду угольного загрязнения столь велико, что оно может быть сопоставимо с влиянием атомных станций [Демин и др., 2014].

Согласно современной классификации [Голохваст, 2013] атмосферные взвеси делятся по размерам частиц на семь классов:

- 1 — менее 1 мкм,
- 2 — от 1 до 10,
- 3 — от 10 до 50,
- 4 — от 50 до 100,
- 5 — от 100 до 400,
- 6 — от 400 до 700,
- 7 — более 700 мкм, что позволяет соотнести экологическую опасность и размерность [Голохваст и др., 2011].

Наиболее опасными в данном случае считаются первые два класса, а к частицам средней опасности необходимо отнести третий размерный класс [Голохваст, 2013].

Второй важнейшей гранулометрической характеристикой частиц, с точки зрения экологической опасности, является их удельная поверхность. Мы разделили частицы по величине удельной поверхности:

- 1 — более $7000 \text{ см}^2/\text{см}^3$ (наиболее опасный),
- 2 — от 1000 до 7000,
- 3 — менее $1000 \text{ см}^2/\text{см}^3$ (наименее опасный).

Гранулометрические характеристики частиц взвесей приведены в таблицах 6–9.

Более детальные физические характеристики частиц взвеси, обнаруженных в снеге, которые также получены с помощью лазерного анализатора, приведены в табл. 8.

По результатам 2012–2014 г. самыми неблагоприятными условиями характеризуется территория между двумя технологическими дорогами (широтная трансекта 3) (рис. 3). Здесь стабильно обнаруживаются наночастицы размером от 100 нм в значимых количествах и микрочастицы до 10 мкм. Их происхождение, скорее всего, связано с угледобывающей промышленностью (дробление, погрузка), так как подобный размерный класс частиц обнаружен ранее вблизи горно-обогатительного комбината (ГОК) в Еврейской автономной области. Предполагаемый источник этих наноразмерных частиц — открытая разработка угля, что при подобных горных процессах не является чем-то необычным [Бога-тиков и др., 2003].

На станциях отбора проб, расположенных в районе 5 (на восточном склоне Караканского хребта) и МП-1 (основание северо-восточного склона, северный кластер), выявляется значимая доля крупных частиц 6 и 7 размерных классов (от 400 до 1 000 мкм), что в сочетании с невысокими концентрациями потенциально опасных для здоровья частиц (3-й класс частиц в количестве 20 и 26 соответственно) позволяет отнести эти районы к относительно благоприятным по сравнению, например, с МП-2 или МП-3.

Пробы, отобранные в точках широтной трансекты 1–4 и 7, а также МП-2, МП-3, МП-4, МП-5, обладают значительной удельной площадью поверхности (до $1\,832\,750 \text{ см}^2/\text{см}^3$), что также свидетельствует о неблагоприятных условиях для проживания, ввиду серьезной нагрузки на органы дыхания. Их высокая опасность для здоровья обусловлена способностью сорбировать на своей поверхности большое количество токсинов [Гендриксон и др., 2011].

Стоит отметить, что наиболее мелкодисперсными фракциями характеризуются районы, находящиеся между угольными разрезами.

По ряду морфометрических показателей частиц (диаметр, площадь поверхности) к числу относительно неблагоприятных районов также можно отнести районы широтной трансекты: 2 (возле технологической дороги), 6 (с. Пермяки) и

Таблица 6

**Распределение частиц в снеге по фракциям
на горизонтальной трансекте, 2012–2014 гг., %**

Класс, Ø, мкм	Год	Широтная трансекта						
		1	2	3	4	5	6	7
менее 1	2012	3	2	24	5	1		2
	2013			15	50			
	2014		5	34				
1–10	2012	3	28	44	45	11		17
	2013	7	4	31	46			
	2014	71	20	66	6	2		12
10–50	2012	94	20	32	50	20	52	70
	2013	93	56	54	4		100	
	2014	29	46		47	8	100	40
50–100	2012		50			10	48	
	2013		40					
	2014		32		32	4		48
100–400	2012					13		
	2013							
	2014				15			
400–700	2012					6		
	2013					100		
	2014							
более 700	2012					45		3
	2013							
	2014					76		

Примечание. Здесь и в таблице 7:



– высокий класс опасности,



– средний,



– незначительный класс опасности.

Таблица 7

**Распределение частиц в снеге по фракциям на модельных площадках
Караканского хребта, 2012–2014 гг., %**

Класс, Ø, мкм	Год	Караканский хребет									
		МП-1	МП-2	МП-3	МП-4	МП-5	МП-6	МП-7	МП-8	МП-9	МП-10
менее 1	2012	1	2	3	5						
	2013										
	2014	2	46	2		13					
1–10	2012	2		5	30						
	2013		34	53		15	40		6		
	2014	10		98		28	15		2		100
10–50	2012	26	65	87	65			71			
	2013		66	47	20	57	60		12		
	2014	88					71	4	11	2	
50–100	2012	45	33	5				29			
	2013	13				25					100
	2014									2	
100–400	2012										
	2013				3			20			
	2014				8				87		

(Окончание табл. 7)

Класс, Ø, мкм	Год	Караканский хребет									
		МП-1	МП-2	МП-3	МП-4	МП-5	МП-6	МП-7	МП-8	МП-9	МП-10
400–700	2012										
	2013				80				55	10	
	2014		3		15		14	20		16	
более 700	2012	26									
	2013	87							7	90	
	2014		51		77			76		80	

Примечание. Усл. обозначения см. табл. 6.

Таблица 8

**Морфометрические параметры частиц взвеси, содержащихся в снеге
на горизонтальной трансекте, 2012–2014 гг.**

Параметр	Год	Широтная трансекта						
		1	2	3	4	5	6	7
Средний арифметический диаметр, мкм	2012	15,98	33,19	7,47	14,59	468,95	44,1	38,8
	2013	28,50	37,23	11,83	5,06	476,45	23,1	-
	2014	10,2	27,64	4,45	49,11	839,92	13,76	46,21
Мода, мкм	2012	16,91	55,46	15,12	26,39	1003,38	69,29	15,12
	2013	41,20	30,62	21,92	8,99	477,55	23,61	-
	2014	8,35	57,55	7,47	66,76	1003,38	10,05	80,38

Медиана, мкм	2012	16,43	30,15	4,54	21,26	239,66	39,41	15,91
	2013	22,95	32,85	8,36	0,23	471,25	23,01	-
	2014	9,07	20,94	3,61	30,23	957,85	10,55	31,13
Отклонение, мкм ²	2012	12,49	735,21	44,46	139,48	183993,1	639,59	15866,16
	2013	181,87	522,42	97,57	53,09	8173,76	4,38	-
	2014	11,44	441,78	19,01	1981,33	97716,22	106,01	1154,6
Средне-квadraticное отклонение, мкм	2012	3,53	27,11	6,67	11,81	428,94	25,29	126,04
	2013	13,48	22,85	9,88	7,29	90,41	2,09	-
	2014	3,38	21,02	4,36	44,51	312,6	10,3	33,98
Коэффициент отклонения	2012	22,12	81,68	89,29	80,94	91,47	57,34	324,80
	2013	47,31	61,39	83,50	143,87	18,97	9,05	-
	2014	32,98	76,04	95,84	90,62	37,21	74,81	73,52
Удельная площадь поверхности, см ² /см ³	2012	7142,07	126,58	4903,82	9854,22	1986,36	2036,59	10340,97
	2013	2924,12	2701,05	77136,7	704498,3	130,56	2617,99	-
	2014	6453,56	7894,48	134844	2684,1	431,52	7013,44	3065,68

Примечание. Здесь и в таблице 9:

 – чрезвычайно опасный,

 – умеренно опасный.

**Морфометрические параметры частиц взвеси,
Караканского хребта**

Параметр	Год	Караканский хребет			
		МП-1	МП-2	МП-3	МП-4
Средний арифметический диаметр, мкм	2012	204,47	38,98	30,73	13,93
	2013	831,06	18,83	18,86	329,34
	2014	17,06	486,05	10,54	780,99
Мода, мкм	2012	55,46	30,62	41,21	19,61
	2013	1003,38	26,39	10,83	396,65
	2014	19,61	1003,38	10,05	1003,38
Медиана, мкм	2012	54,24	31,08	34,48	14,39
	2013	949,31	20,87	12,73	397,82
	2014	16,63	528,01	9,77	901,74
Отклонение, мкм ²	2012	86921,51	236,25	260,59	69,66
	2013	93016,76	122,68	79,31	26432,55
	2014	72,13	229279,1	31,21	62042,5
Среднеквадратичное отклонение, мкм	2012	294,82	15,37	16,14	8,35
	2013	304,98	11,07	8,90	162,58
	2014	8,49	478,83	5,58	249,08
Коэффициент отклонения	2012	144,19	39,43	52,53	59,91
	2013	36,69	58,81	47,20	49,36
	2014	49,79	98,51	52,97	31,89
Удельная площадь поверхности, см ² /см ³	2012	4613,34	4290,61	3917,23	1611,8
	2013	165,88	6420,18	4003,01	926,44
	2014	4901,08	1832750	74555,26	133,2

Примечание. Усл. обозначения см. табл. 8.

Таблица 9

содержавшихся в снеге на модельных площадках
(2012–2014 гг.)

Караканский хребет					
МП-5	МП-6	МП-7	МП-8	МП-9	МП-10
-	-	49,19	-	-	-
32,26	10,84	-	313,15	898,63	80,84
13,28	73,65	877,21	331,76	861,11	12,3
-	-	26,39	-	-	-
23,20	15,12	-	427,23	1003,38	89,85
19,61	16,29	1003,38	368,27	1003,38	13,04
-	-	28,17	-	-	-
25,27	11,64	-	386,07	965,49	85,99
14,48	14,31	924,36	358,89	959,14	10,9
-	-	1357,93	-	-	-
442,41	23,22	-	39016,68	38746,68	294,18
99,34	27843,73	30038,15	19124,05	51883,97	50,62
-	-	36,85	-	-	-
21,03	4,82	-	197,53	196,84	17,15
9,97	166,86	173,31	138,29	227,78	7,11
-	-	74,91	-	-	-
65,20	44,47	-	63,07	21,90	21,21
75,04	226,56	19,89	41,68	26,45	57,81
-	-	1820,16	-	-	-
3083,72	7109,5	-	809,43	142,91	784,48
5432,2	5165,3	131,8	627,23	140,45	7160,32

7 (автомобильная дорога). По содержанию атмосферных взвесей район 5 (между восточным склоном Караканского хребта и с. Пермьяки) можно отнести к зоне относительно благополучного проживания по сравнению с другими участками в данном опыте.

В взвесах практически всех точек (МП-1–7, широтная трансекта — 1–7) обнаруживаются в значимых долях частицы 3 и 4 размерных классов (10–100 мкм), которые, скорее всего, являются выхлопами грузового автотранспорта [Голохваст и др., 2012]. Хотя частицы и не относятся к наиболее опасным размерным формам (до 10 мкм), но их размеры вполне позволяют им попадать в дыхательные пути, усиливая нагрузку на легкие.

Лишь в точках, которые находятся вдали от мест добычи и погрузки угля (широтная трансекта, 5 и 6, МП-1, МП-8 и МП-9), наблюдаются частицы крупных размеров (от 100 мкм и выше), с невысокой площадью удельной поверхности (до 1000 см²/см³).

В целом приходится констатировать тот факт, что все точки Караканского угольного кластера, кроме контрольной, являются загрязненными, опасными для здоровья частицами атмосферных взвесей.

Учитывая все вышесказанное, необходимо отметить, что атмосфера Караканского угольного месторождения является экологически неблагоприятной из-за загрязнения нано- и микрочастицами. Высокая доля этих техногенных мелкодисперсных частиц с высокой площадью поверхности требует принятия срочных экологических мер.

Содержание редкоземельных элементов

В угольной пыли из атмосферных взвесей установлены многочисленные включения самородных металлов и их соединений, но особенно примечательно обилие минеральных фаз, содержащих редкоземельные элементы (РЗЭ). Редкоземельные фазы имеют размер от наноразмерного до десятков микрон.

Они представлены преимущественно фосфатами легких РЗЭ — состав близок моноциту (рис. 11, 12) и тяжелых РЗЭ — состав близок ксенотиму (рис. 10).

Также встречены единичные микронные зерна силиката РЗЭ — состав близок ортиту (рис. 11).

На рис. 13 отчетливо видно, что кристалл моноцита «сидит» в угольной частичке, это подтверждает предположение о непосредственной связи редкоземельных минералов с углем.

Само по себе наличие РЗЭ в углях Кузбасса вполне обычно, тем более, что

кузнечские угли даже оценивались как редкоземельное сырье [Арбузов, Ершов, 2007; Кизильштейн, 2002].

Интересен факт большого количества редкоземельных минералов в угольной пыли из атмосферных взвесей, а поскольку по экспериментальным данным только 10–20 % РЗЭ в углях находится в виде собственных минералов, 1–2 — в виде изоморфных примесей в минеральном веществе углей, а 80–90 % в виде комплексных гуматов, то можно говорить о высокой «зараженности» угольной пыли РЗЭ как в минеральной, так и неминеральной формах.

В типичном образце, взятом в районе трансекты 1 (окраина с. Евтино), были определены частицы в порядке убывания: уголь, природные минералы (преобладают кварц и алюмосиликаты), растительный детрит, Fe-содержащие частицы (техногенные сплавы железа, оксиды железа, пирит) (рис. 13).

Результаты энергодисперсионного анализа (сканирующая электронная микроскопия во вторичных электронах) приводятся в таблице 10.

В типичном образце возле с. Каракан на обочине технологической дороги (2) были определены в порядке убывания: уголь, природные минералы, Fe- и Ti-содержащие частицы, трудноопределимые техногенные частицы, растительный детрит. В образцах были также обнаружены частицы, содержащие редкоземельные элементы в виде моноцита.

Самые мелкие частицы (тотально преобладают угольные микрочастицы) обнаруживаются возле разреза «Дунаевский» (3). В данном районе также установлены частицы, содержащие редкоземельные элементы, по составу близкие к ортиту.

В образцах, взятых в районах Караканского хребта (МП), наблюдается примерно одна и та же картина — угольная пыль, перемежающаяся природными минералами и трудноопределяемыми частицами техногенного происхождения, содержащими Fe, Ti, Co, Ca и редкоземельные металлы. Встречаются как отдельные индивиды природных кристаллов (например, рутила, циркона), так и труднодиагностируемая смесь природных и техногенных фаз.

Атмосферные взвеси даже отдаленных районов также насыщены частицами угля и трудноопределяемыми металлосодержащими частицами.

Все исследованные районы Караканского каменноугольного месторождения, с точки зрения вещественного состава атмосферных взвесей, являются неблагоприятными для проживания [Голохваст и др., 2014б]. Во всех районах зафиксирована микроразмерная угольная пыль, насыщенная минеральными частицами и техногенной «грязью». Происхождение последней в основном связано с угледобывающей промышленностью (добыча, перевозка, хранение, погрузка угля).

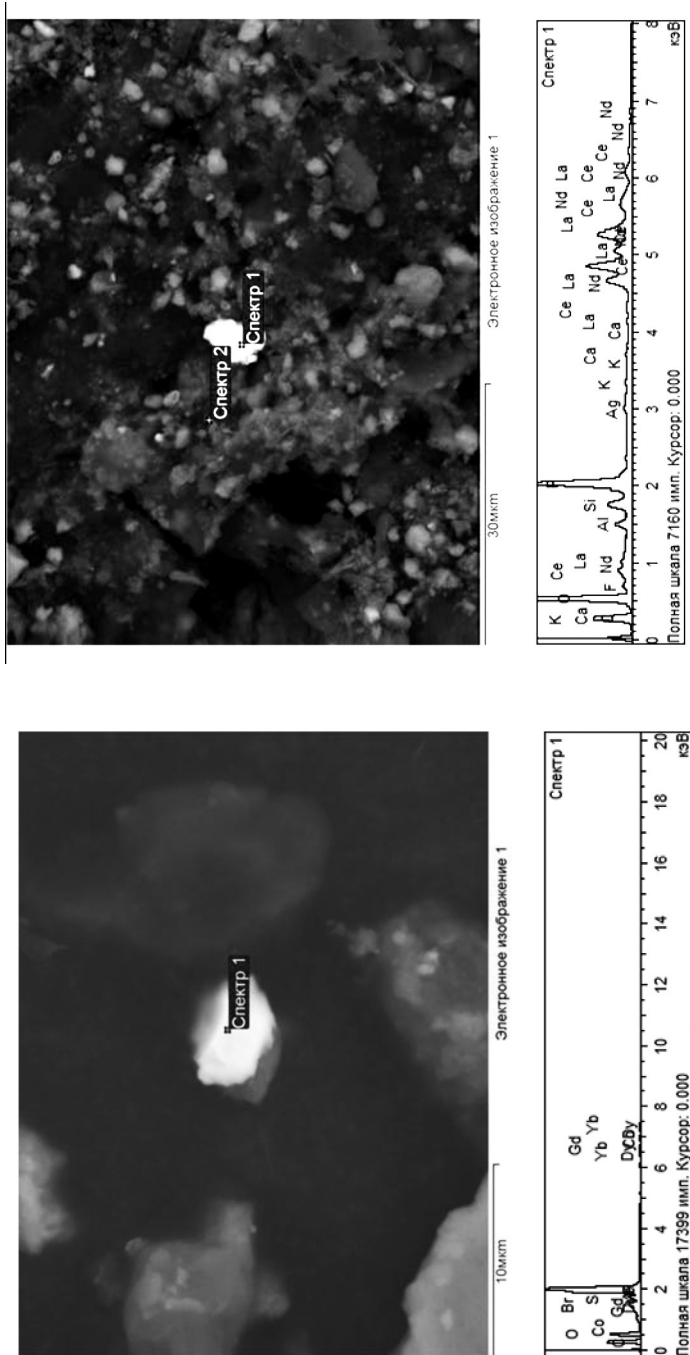


Рис. 10. Фосфат тяжелых РЗЭ (станция 6).

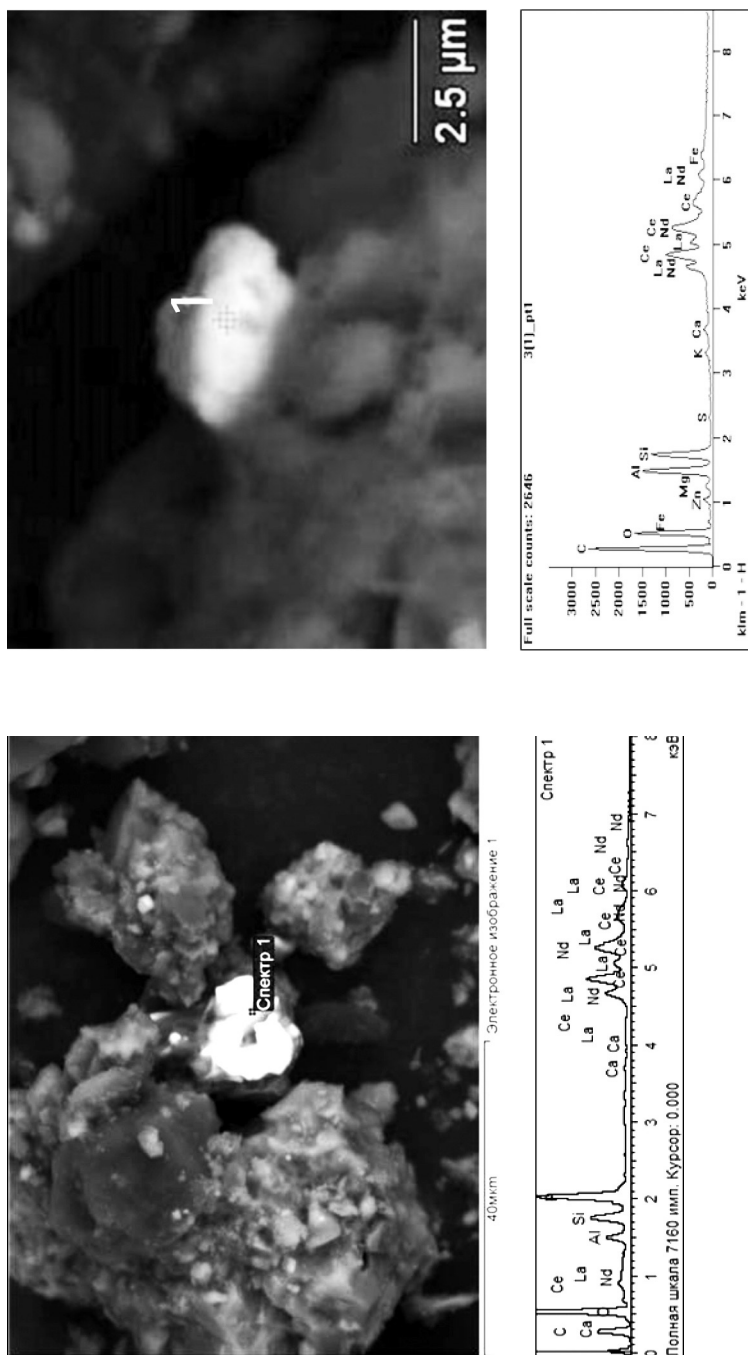
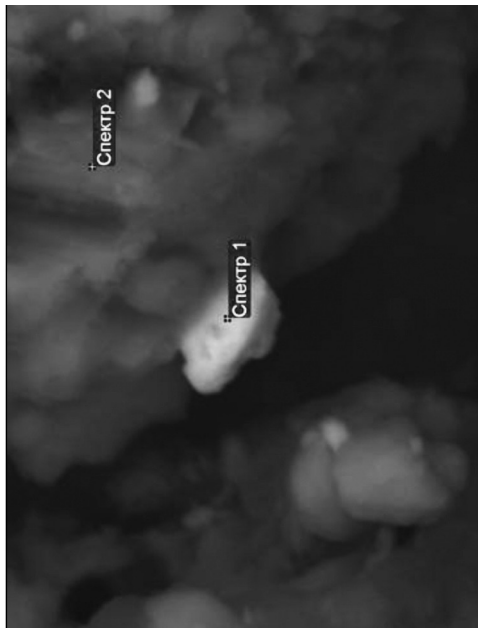


Рис. 11. Силикат РЗЭ (станция 3).



10 мкм Электронное изображение 1

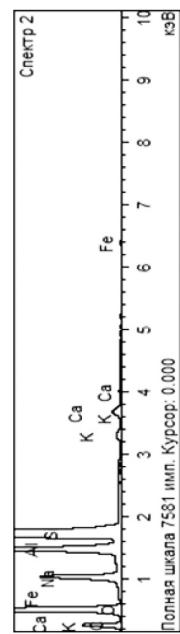
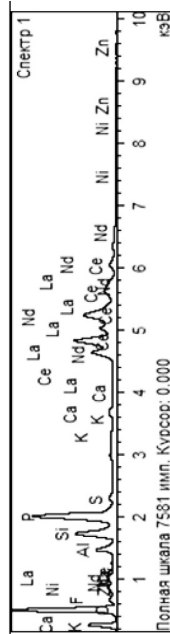


Рис. 12. Фосфат легких РЗЭ (станция 3)

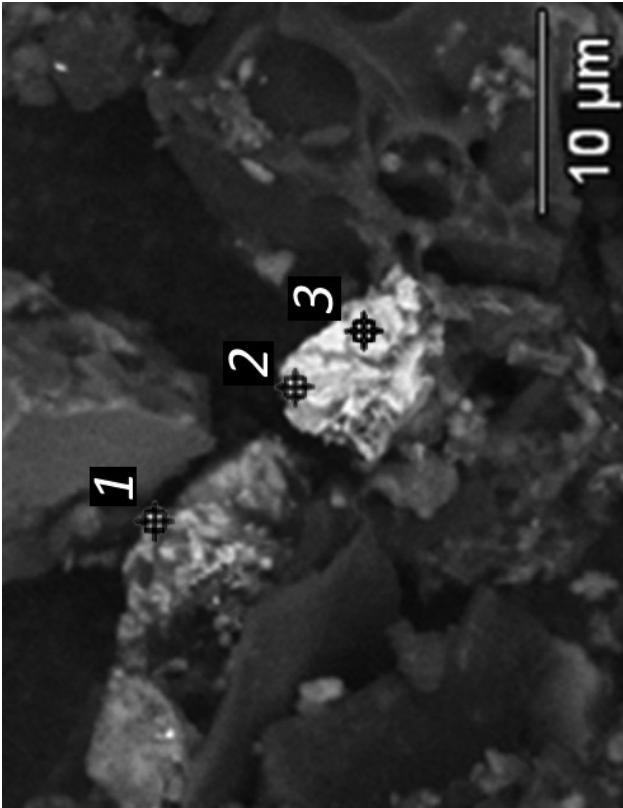


Рис. 13. Fe-содержащие частицы (пирит и оксиды Fe) из образца снега, собранного на окраине с. Евтино (станция 1). 1 – растительный дендрит, 2 – уголь, 3 – Fe-содержащие частицы

Происхождение редкоземельных фаз, скорее всего, природное — минералы редких земель нередко встречаются в углях и горных породах. Частая встречаемость и преимущественно фосфатная форма нахождения редкоземельных металлов в углях Кузбасса ранее была отмечена С.И. Арбузовым и В.В. Ершовым [2007].

По качественному составу (доля угольных частиц и соединений металлов) и ряду визуальных морфометрических показателей частиц (размер, форма) к числу наиболее неблагоприятных можно отнести районы трансекты 3 (возле разреза «Дунаевский»), а к числу относительно неблагоприятных районов — районы 2 (возле с. Каракан), 6 (восточная окраина с. Пермьяки) и 7 (обочина дороги сс.Пермьяки—Новохудяково).

Как известно, редкоземельные минералы вызывают ряд профессиональных заболеваний, например, пневмокониозы [Семенихин, 2006; Vocatura et al., 1983; Pietra et al., 1985; Hirano et al., 1996; Rim et al., 2013], что увеличивает их потенциальную опасность для здоровья человека.

С другой стороны, в научной литературе показаны и обсуждаются и другие эффекты на живые организмы, в том числе нетоксичное влияние редкоземельных элементов на биохимические процессы и положительное воздействие на растения и регенерацию тканей [Кожевникова и др., 2001; Маладаев, 2007; Boldyreva, 2005]. Например, показано, что ионы лантана способны увеличивать амплитуду

Таблица 10
Энергодисперсионный анализ Fe-содержащих частиц

Элемент	Образцы		
	1	2	3
Al	1,26	1,24	1,57
Si	1,47	1,48	1,64
C	29,12	13,58	12,97
O	13,82	50,56	50,64
Ca		0,50	
S	27,21		
Mg		6,70	3,29
Fe	27,13	25,93	29,88
Итого	100,00	100,00	100,00

ГАМК-активированных сигналов на пирамидальных нейронах гена CA1, отмеченных в гиппокампе головного мозга [Boldyreva, 2005].

Угольная пыль, содержащаяся в атмосферных взвешях Караканского угольного кластера, может являться источником потенциально опасных соединений, таких как редкоземельные минералы [Pietra et al., 1985; Hirano et al., 1996]. При сжигании таких углей эти элементы будут попадать в воздух крупных городов и, несомненно, влиять на рост заболеваемости людей и загрязнение окружающей среды [Rim et al., 2013].

Важно, что частицы угольной пыли и РЗЭ находятся в нано- и микродиапазоне. Как известно, наиболее реакционной активностью, вплоть до токсического поражения, обладают частицы малых размеров. Судя по литературным данным, размер частиц обратно пропорционален токсическому действию (чем мельче, тем токсичнее). Характер действия нано- и микрочастиц на клетки и ткани организмов в основном зависит от их специфических физико-химических свойств, в том числе от размера частиц, поверхностного заряда, типа вещества, удельной площади поверхности, нано-, микро- и мезопор на единицу площади, от концентрации кислотных центров Бренстеда и Льюиса, влияющих на сорбцию/десорбцию органических молекул и способность к катализу. При попадании нано- и микрочастиц собственно в клетку, как и во внутренние среды (кровь, лимфу), на первое место по значимости выходят гранулометрические характеристики минеральных частиц (такие как арифметический диаметр, удлинение, форм-фактор и т. д.), которые влияют на кинетику и накопление частиц в тех или иных органах.

Валовое содержание тяжелых металлов в растительных пробах

Валовое содержание кадмия в растениях находится в широких пределах от 0,05 до 0,56 мг/кг среди изученных растений. Более всего его накапливает *Sonchus arvensis* (табл. 11). Концентрации кадмия в растениях несколько ниже, чем в почвах Караканского хребта.

Содержание свинца в растениях по мере степени загрязнения почвы увеличивается, но его содержание в органах растений более чем в 20 раз ниже, чем в почвах, и составляет 0,40–0,70 мг/кг. Для характеристики накопления свинца растениями из почв использован коэффициент биологического поглощения (КБП), предложенный Р.А. Колчановым с сотр. [2008] и вычисляемый как отношение содержания тяжелых металлов в растениях к их содержанию в почвах. Значения КБП в пробах не превышает 0,00230, значит, экологическая обстановка в ис-

следуемых районах относительно благополучна и свинец относится к элементам слабого биологического накопления в надземной фитомассе.

Валовое содержание хрома высокое и закономерно увеличивается с повышением уровня загрязнения у *Vicia cracca* с 0,89 до 5,88 мг/кг, у *Sonchus arvensis* с 0,62 до 0,66 мг/кг, у *Dactylis glomerata* с 2,46 до 31,84 мг/кг. Следует отметить, что *Dactylis glomerata* накапливает хром в своих органах, особенно в листьях, почти в три раза больше, чем в почве. Обычно содержание хрома в растительном материале составляет 0,02–0,20 мг/кг сухой массы. В надземной части люцерны колебания концентраций составляют 0,1–3,4 мг/кг, в надземной части травы — 0,11–3,4 мг/кг [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989].

Накопление марганца в растениях практически не зависит от степени загрязнения, но имеет видовую специфичность. *Vicia cracca* накапливает в среднем 53,14 мг/кг, *Sonchus arvensis* — 51,3 мг/кг, *Dactylis glomerata* — 90,77 мг/кг, что в 10–15 раз меньше, чем содержание марганца в почве.

По данным М.В. Каталымова [1965], количество марганца в растениях колеблется от тысячных до сотых долей процента на 1 кг сухого вещества. Дефицит, оптимум и избыток марганца в растениях составляют соответственно 15–25, 20–300 и 300–500 мг/кг сухого вещества.

Распределение марганца в различных видах растений, растущих на одних и тех же почвах, крайне неоднородно [Loneagan, 1975]: от 30 мг/кг сухой массы в надземной части люцерны (*Medicago truncatula*) до примерно 500 мг/кг сухой массы в надземной части люпина (*Lupulus* sp). Уровень содержания марганца в кормовых растениях изменяется от 17 до 334 мг/кг в травах и от 25 до 119 мг/кг в клевере [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989].

По данным Т.Г. Ламановой и Н.В. Шеремет [2010], количество марганца в растениях, выросших на отвалах южного Кузбасса, в образцах *Phleum pratense* — 118,5–137,0 мг/кг сухой массы, *Dactylis glomerata* — 183 мг/кг сухой массы. В образцах бобовых значительно ниже — 33,8–59,0 мг/кг сухого веса у разных видов. Среди разнотравья самые высокие концентрации отмечены в образцах *Chamaenerion angustifolium* — 208,0 мг/кг сухой массы.

Таким образом, образцы растений, выросших на вскрышных породных отвалах в лесостепной зоне Кузнецкой котловины, не содержат критических и токсических концентраций марганца.

Накопление железа не носит ярко выраженной видовой специфичности и при слабом уровне загрязнения изменяется в изученных видах от 53 до 64 мг/кг. С увеличением уровня загрязнения содержание железа в растениях резко увеличивается до 1000–2000 мг/кг в 18–31 раз. По имеющимся данным природное

содержание железа в кормовых растениях изменяется от 18 до примерно 1000 мг/кг сухой массы [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989].

Наблюдается повышение содержания никеля в растениях по мере увеличения степени загрязнения: у *Vicia cracca* с 1,12 до 8,26 мг/кг, у *Sonchus arvensis* — с 1,78 до 5,99 мг/кг, у *Dactylis glomerata* — с 2,69 до 22,41 мг/кг.

Dactylis glomerata накапливает никель в больших количествах, чем остальные группы растений. Содержание никеля в листьях растений превышает его содержание в стеблях, кроме образцов *Vicia cracca* со слабым уровнем загрязнения и образцов *Dactylis glomerata* с участка со средним загрязнением, где наблюдается обратная тенденция.

По имеющимся литературным данным, содержание никеля в растительных образцах Ерунаковского геохимического района в среднем 27 мг/кг, что выше максимальных значений, полученных на Караканском хребте [Потапов и др., 2007].

Содержание меди в растениях у *Vicia cracca* и *Sonchus arvensis* практически не зависит от уровня загрязнения, у *Dactylis glomerata* на участке с сильным загрязнением она резко увеличивается от 0,89 до 3,68 мг/кг. В среднем *Dactylis glomerata* накапливает 1,57 мг/кг, *Vicia cracca* — 4,97, *Sonchus arvensis* — 6,09.

Содержание меди в растениях из незагрязненных регионов разных стран колеблется от 1 до $n \cdot 10$ мг/кг сухой массы [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989]. У видов растений, произрастающих в широком диапазоне природных условий, концентрация меди в побегах редко превышает 20 мг/кг сухой массы, поэтому такая величина часто рассматривается как граница области избыточных содержаний [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989]. Следует отметить, что по данным В.П. Потапова с соотр. [2007], содержание меди в растительных образцах в районе Ерунаковского геохимического района достигает в среднем 170–180 мг/кг, что выше уровня допустимых значений. Общая степень загрязнения практически не влияет на накопление цинка. Средние значения для *Vicia cracca* составляют 33,45 мг/кг, *Sonchus arvensis* — 46,69 мг/кг, *Dactylis glomerata* — 12,97 мг/кг (табл. 11).

По данным Кабата-Пендиас, Пендиас [1989], содержание цинка в зерне злаков и кормовых травах из разных стран мира сильно не различаются. Средние показатели содержания цинка в злаковых травах лежат в пределах 12–47 мг/кг сухой массы, в клевере — 24–45 мг/кг сухой массы. По данным этих же авторов, содержание цинка при его дефиците оценивается в 10–20 мг/кг, но эти величины могут заметно изменяться, потому что дефицит цинка отражает как потребности каждого генотипа, так и эффекты взаимодействия цинка с другими элементами в тканях растений. Нормальное содержание цинка в растениях — 15–150 мг/кг,

предположительно максимальное — 300 мг/кг воздушно-сухой массы [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989].

В условиях Средней Сибири содержание цинка в сельскохозяйственных растениях в разные годы наблюдений колеблется от 7,5 до 42,8 мг/кг при среднем значении 22,2 мг/кг [Волошин, 2004]. Содержание этого элемента в растениях, собранных в агрофитоценозах на отвалах разреза «Листвянский», довольно сильно колеблется, причем в злаках цинка содержится меньше, чем в видах разнотравья [Ламанова, Шеремет, 2010].

В условиях аномалий отдельных геохимических районов содержание цинка может достигать 657 мг/кг [Потапов и др., 2007].

Содержание кобальта высокое: у *Vicia cracca* увеличивается по мере загрязнения с 0,72 до 2,52 мг/кг, у *Dactylis glomerata* — с 0,78 до 2,25 мг/кг, у *Sonchus arvensis* содержание кобальта не зависит от степени загрязнения и находится в диапазоне 1,14–1,82 мг/кг. Общий уровень кобальта в растениях составляет от 0,01 до 0,6 мг/кг [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989]. В условиях Ерунаковского геохимического района его содержание в растительных образцах в среднем 8,9 мг/кг.

Таблица 11

Валовое содержание тяжелых металлов в растениях, мг/кг

Элемент	Загрязнение	<i>Vicia cracca</i>			<i>Sonchus arvensis</i>			<i>Dactylis glomerata</i>		
		Стебли	Листья	Среднее	Стебли	Листья	Среднее	Стебли	Листья	Среднее
Cd	Слабое	0,07	0,09	0,08	0,26	0,85	0,56	0,04	0,10	0,07
	Среднее	0,03	0,07	0,05	0,22	0,37	0,30	0,10	0,08	0,09
	Сильное	0,05	0,09	0,07	0,15	0,48	0,32	0,04	0,11	0,08
Pb	Слабое	0,34	0,58	0,46	0,10	0,73	0,42	0,05	0,05	0,05
	Среднее	0,37	0,69	0,53	0,22	0,91	0,57	0,11	0,49	0,30
	Сильное	0,64	0,60	0,62	0,23	1,09	0,66	0,33	1,13	0,73
Cr	Слабое	0,70	1,08	0,89	0,48	1,00	0,74	1,71	3,20	2,46
	Среднее	1,34	1,67	1,50	1,08	3,35	2,22	13,00	6,19	9,60
	Сильное	6,20	5,56	5,88	2,50	7,59	5,05	11,83	51,84	31,84
Mn	Слабое	25,94	59,81	42,88	18,40	98,30	58,35	68,14	169,56	127,85
	Среднее	30,06	81,95	56,01	13,86	55,49	36,68	63,14	94,34	78,74
	Сильное	47,89	76,35	62,12	19,49	98,25	58,87	55,48	75,95	65,72
Fe	Слабое	55,05	72,86	63,96	25,99	80,89	53,44	28,89	90,69	59,79
	Среднее	62,77	120,78	93,28	40,88	470,74	255,81	142,25	488,21	315,23
	Сильное	1763,17	2471,03	2117,10	310,17	1794,34	1052,26	1104,08	2986,20	20435,14

Ni	Слабое	1,15	1,09	1,12	1,44	2,11	1,78	1,61	3,77	2,69
	Среднее	2,67	2,75	2,71	1,55	4,05	2,80	9,35	6,15	7,75
	Сильное	7,40	9,12	8,26	3,09	8,89	5,99	7,35	37,47	22,41
Cu	Слабое	5,09	5,40	5,25	7,08	9,20	8,14	0,57	1,20	0,89
	Среднее	4,19	6,13	5,16	5,15	4,94	5,05	0,44	1,47	0,96
	Сильное	3,83	5,67	4,75	5,00	5,16	5,08	1,85	5,51	3,68
Zn	Слабое	29,53	66,77	48,15	25,49	111,70	68,60	8,65	16,85	12,75
	Среднее	19,10	26,15	22,63	15,82	29,55	22,68	8,65	8,53	8,59
	Сильное	22,30	36,83	29,57	21,15	76,42	48,79	6,75	17,63	17,19
Co	Слабое	0,65	0,78	0,72	0,89	2,25	1,57	0,77	0,78	0,78
	Среднее	0,78	0,61	0,70	0,48	1,80	1,14	0,82	1,40	1,11
	Сильное	1,42	3,81	2,52	0,67	2,96	1,82	1,12	3,38	2,25

Глава 5

СНЕГОВОЙ РЕЖИМ КАРАКАНСКОГО ХРЕБТА

Наиболее объективным способом оценки текущего загрязнения территории является снеговая съемка, несущая информацию о количестве и составе загрязняющих веществ, выпавших за время залегания снегового покрова. Слоистость внутреннего строения снежного покрова отражает характеристику осадков, солнечной активности, антропогенных и техногенных загрязнений. Распределение снеговых осадков в значительной степени влияет на флористический состав, жизненную форму растений и накопление органического вещества [Некрасова, 1938; Гришин, 1973; Нефедьева, Яшина, 1985]. Воздействие снегового покрова на состояние экосистем чрезвычайно велико и заключается в накоплении и транспортировке химических элементов, находящихся в снеге [Голохваст, 2013]. Особенно важно изучать параметры снегового покрова в условиях изменяющегося климата и антропогенного и техногенного воздействия на экосистемы [Горбатенко, 2013; Ермолов, 2013].

Методика

Исследования снегового покрова проводились возле Караканского хребта (см. рис. 1) и на Караканском хребте в пределах мониторинговых полигонов (см. рис. 2), маршрутным методом [Быков, Попов, 2011].

Снегосъемка включала в себя измерение толщины снежного покрова при помощи снегомерной рейки стандартного образца и определение плотности снежного покрова с помощью весового плотномера ВС-42 по стандартным методикам

[Быков, Попов, 2011]. Производился отбор проб снега для лабораторного анализа на наличие загрязняющих взвесей в снегу. Снег собирался в конце зимы, в первой декаде марта.

В камеральных условиях производилась статистическая обработка полученных данных и расчет запасов влаги для каждого пункта снегосъёмки.

Состояние снежного покрова возле Караканского хребта

1. Окр. с. Евтино. В 2012 г. общая глубина снега составила 34 см: сверху — плотная радиационная корка смерзшегося снега, ниже среднезернистый слой снега, с глубины 20 см — крупнозернистый слой снега со следами изморози (табл. 12, рис. 14).

В 2013 г. общая глубина снега составила 45 см, сверху слой 2–3 см свежего мелкозернистого снега, ниже 4-сантиметровый плотный радиационный слой в виде смерзшегося в ледяную корку снега, ниже которого располагается однородный среднезернистый снег, в 9-сантиметровом слое над почвой — крупнозернистый снег, частично смерзшийся в крупные кристаллики льда (рис. 15).

В 2014 г. общая глубина снега составила 35 см, сверху слой 3–4 см свежего мелкодисперсного снега, ниже до глубины 7–8 см слой среднезернистого снега, в припочвенном слое — крупнозернистый снег (рис. 16).

2. Окр. с. Каракан. В 2012 г. общая глубина снега составила 25 см, сверху расположена черная разрушающаяся радиационная корка, ниже крупнозернистый снег со следами смерзшихся кристалликов (рис. 14).

В 2013 г. общая глубина снежного покрова составила 28 см, сверху расположен почти десятисантиметровый слой разрушающейся радиационной корки, ниже — глубинная изморозь, представленная продольными ромбическими кристалликами (рис. 15).

В 2014 г. общая глубина снежного покрова составила 29 см, сверху слой 3–4 см свежевывавшего мелкозернистого снега, ниже четырехсантиметровая радиационная корка, черная от частиц угля и саж, ниже которой расположена разрушающаяся радиационная корка, серая от частиц пыли, глубже среднезернистый снег с небольшими следами глубинной изморози возле почвы (рис. 15).

3. Окр. разреза «Дунаевский». В 2012 г. общая глубина снежного покрова составила 48 см, сверху расположена радиационная корка из смерзшегося снега, ниже слой мелкого снега, перемежающегося с уплотненными слоями, окрашен-

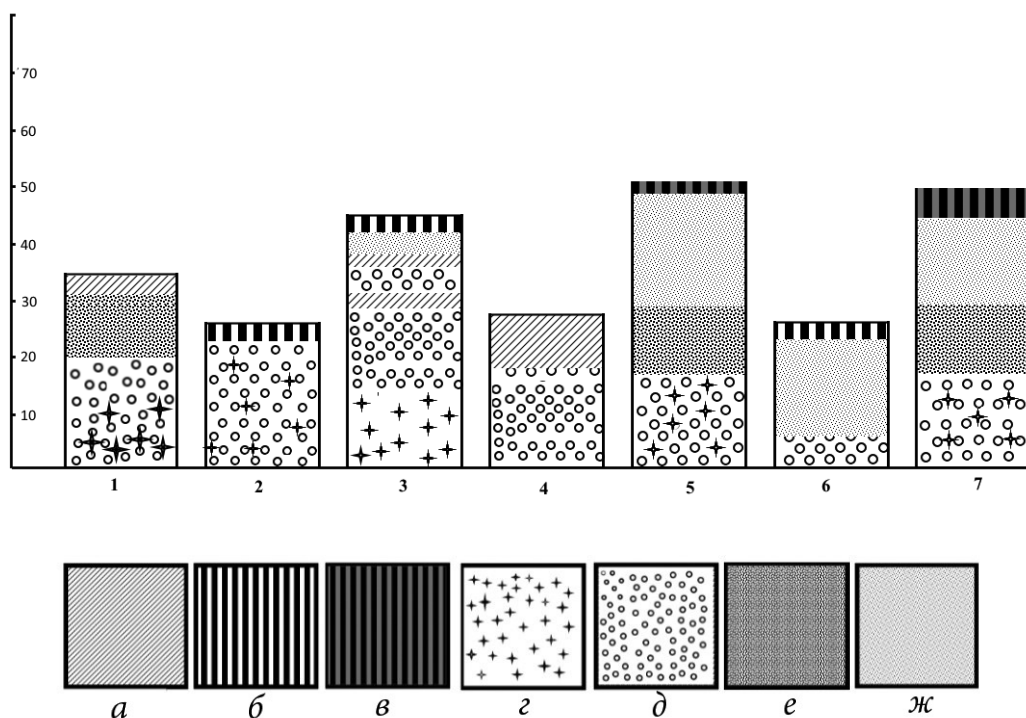


Рис. 14. Структура снежного покрова в 2012 г.:

- а – смерзание кристаллов, б – разрушающаяся радиационная корка,
 в – разрушающаяся радиационная корка с большим количеством пыли,
 г – глубинная изморозь, д – крупнозернистый снег,
 е – среднезернистый снег, ж – мелкозернистый снег.

ными частицами пыли, на глубине около 30 см – крупнозернистый снег, в при-почвенном слое – глубинная изморозь (рис. 14).

В 2013 г. общая глубина снежного покрова составила 40 см. Для участка характерно наличие трех тонких радиационных слоев из смерзшегося снега, между которыми располагаются слои мелкозернистого снега, с 9 до 20 см – слой среднезернистого снега, ниже – крупнозернистый снег (рис. 14).

В 2014 г. общая глубина снежного покрова составила 60 см. Снег сдувается с дорог и сваливается грейдерами. Сверху расположен слой мелкозернистого снега, ниже – разрушающийся радиационный слой, глубже – слой среднезернистого снега с небольшими следами глубинной изморози возле почвы (рис. 15).

4. Между разрезами «Дунаевский» и «Пермяковский». В 2012 г. общая

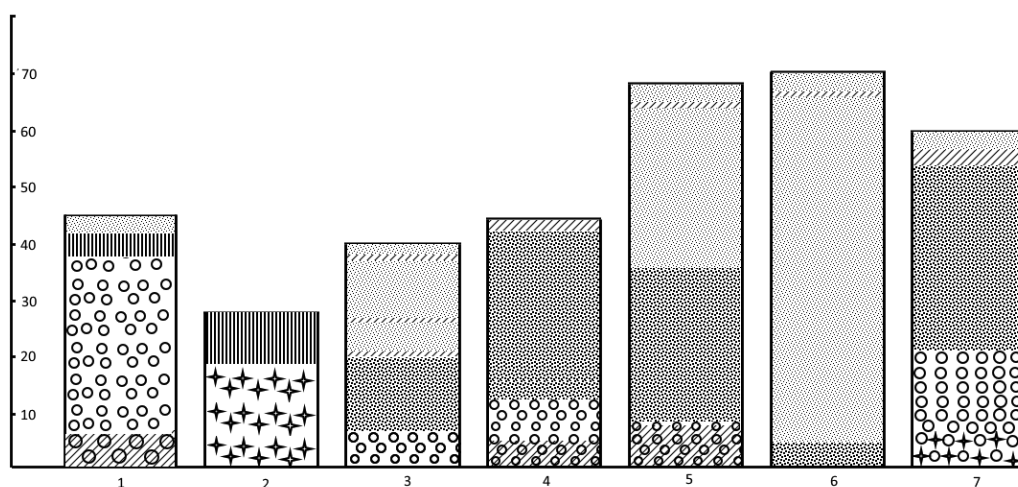


Рис. 15. Структура снежного покрова в 2013 г. (обозначения см. рис. 13)

глубина снежного покрова составила 29 см, сверху — плотная радиационная корка смерзшегося снега, ниже среднезернистый слой снега (рис. 13).

В 2013 г. общая глубина снежного покрова составила 45 см, сверху прослеживается хорошо выраженная плотная радиационная корка, ниже которой — слой среднезернистого рыхлого снега, постепенно переходящего в крупнозернистый, возле почвы отмечено смерзание снега в ледяные кристаллики (рис. 14).

В 2014 г. общая глубина снежного покрова составила 43 см, сверху рыхлый мелкозернистый снег 4—5 см, ниже плотная радиационная корка 5 см, ниже слой крупнозернистого снега без изморозных явлений (рис. 15).

5. Между восточным склоном Караканского хребта и с. Пермяки.

В 2012 г. общая глубина снежного покрова составила 45 см, сверху слабо выраженная радиационная корка 2 см, ниже слой мелкозернистого рыхлого снега 15 см, сменяющийся слоями среднезернистого и крупнозернистого снега со следами смерзания кристалликов и глубинной изморози (рис. 13).

В 2013 г. общая глубина снежного покрова составила 70 см, сверху располагается тонкий слой радиационной корки, ниже слой мелкозернистого рыхлого снега, постепенно переходящего в среднезернистый, возле почвы отмечено смерзание снега в ледяные кристаллики (рис. 15).

В 2014 г. общая глубина снежного покрова составила 24 см, сверху расположен слой рыхлого мелкодисперсного снега 4—5 см, ниже которого — радиаци-

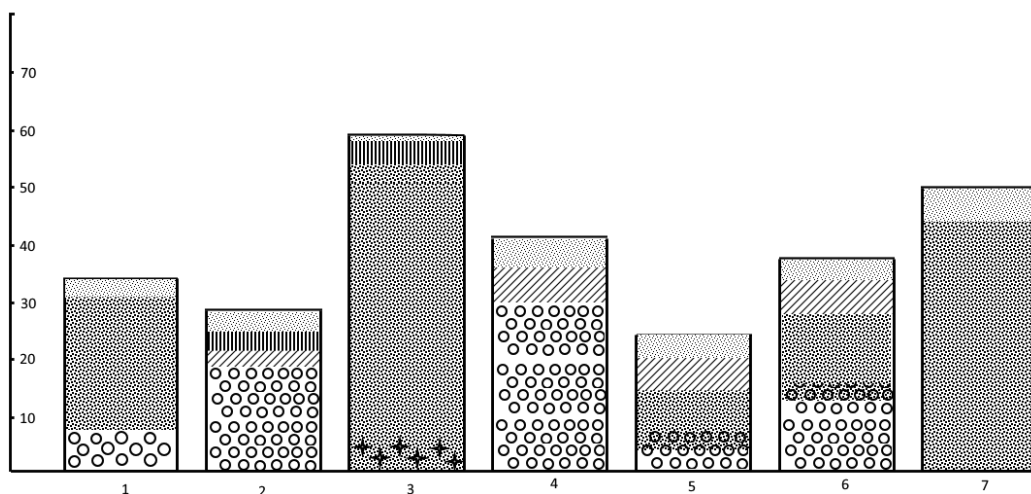


Рис. 16. Структура снежного покрова в 2014 г. (обозначения см. рис. 13)

онная корка смерзшегося снега, далее — среднезернистый снег, переходящий в крупнозернистый (рис. 16).

6. Восточная окраина с. Пермяки. В 2012 г. общая глубина снегового покрова составила 28 см, сверху сформировалась толстая радиационная корка, ниже — мелкозернистый, рыхлый снег, и только возле почвы отмечен небольшой слой крупнозернистого снега (рис. 14).

В 2013 г. общая глубина снегового покрова составила 71 см, практически на всю глубину — мелкозернистый рыхлый снег, переходящий в среднезернистый у поверхности почвы (рис. 15).

В 2014 г. общая глубина снегового покрова составила 40 см, сверху прослеживается слой рыхлого мелкодисперсного снега 4–5 см, ниже которого идет слой уплотненного мелкозернистого снега, едва окрашенного следами пыли, ниже — среднезернистый и крупнозернистый снег (рис. 16).

7. Обочина дороги Пермяки—Новохудяково. В 2012 г. общая глубина снегового покрова составила 50 см, сверху сформировалась толстая радиационная корка, ниже мелкозернистый, рыхлый снег, переходящий в средне- и крупнозернистые слои снега (рис. 14).

В 2013 г. общая глубина снегового покрова составила 68 см, сверху расположен слой рыхлого мелкодисперсного снега 4–5 см, затем неявно выраженная

Таблица 12

Глубина снежного покрова возле Караканского хребта

Мониторинговый полигон	Местонахождение	Высота над у.м., м	Координаты	Глубина снега, см				
				2010 10.03	2011 10.03	2012 28.02	2013 15.03	2014 15.03
1	Окр. с. Евтино, за кладбищем, в березняке	222	54°21' с.ш. 86°43' в.д.	47 ± 1,2	47 ± 2,0	34 ± 2,6	45 ± 1,3	35 ± 0,5
2	Возле с. Караканы, технологическая дорога, обочина	209	54°22' с.ш. 86°45' в.д.	31 ± 2,3	28 ± 1,0	25 ± 0,9	28 ± 1,0	29 ± 0,8
3	Возле Дунаевского разреза, между технологическими дорогами, сильное загрязнение	299	54°24' с.ш. 86°48' в.д.	115 ± 4,4	100 ± 3,2	48 ± 2,2	40 ± 1,3	60 ± 0,6
4	Между Дунаевским и Пермяковским разрезами, целина. Среднее загрязнение	229	54°24' с.ш. 86°48' в.д.	56 ± 1,6	42 ± 1,8	29 ± 1,4	46 ± 1,5	43 ± 2,2
5	Между восточным склоном Караканского хребта и с. Пермяки. Контроль 1	239	54°26' с.ш. 86°43' в.д.	135 ± 1,8	101 ± 1,5	46 ± 1,5	70 ± 2,2	24 ± 0,4
6	С. Пермяки, восточная окраина за селом	232	54°27' с.ш. 86°56' в.д.	48 ± 1,0	31 ± 1,8	28 ± 1,7	71 ± 4,4	40 ± 0,6
7	Дорога на Новоухляково, 1,5 км от с. Пермяки, за лесом. Контроль 2	215	54°28' с.ш. 86°51' в.д.	67 ± 1,1	65 ± 1,6	50 ± 1,3	68 ± 1,1	51 ± 0,6

радиационная корка, ниже которой — среднезернистый снег, переходящий в крупнозернистый, у поверхности почвы отмечены следы глубинной изморози (рис. 15).

В 2014 г. общая глубина снегового покрова составила 51 см, сверху расположен слой рыхлого мелкодисперсного снега 4–5 см, ниже на всю глубину среднезернистый снег (рис. 16).

Состояние снежного покрова на Караканском хребте

Снегосъемка 2013 г. выявила, что наибольшее количество снега находится на северной части Караканского хребта, а именно в верхней части северо-восточного склона (свыше 200 см).

Южная часть склона не обладает столь внушительным снеговым покровом, как северный склон Караканского хребта: в нижней части склона толщина снежного покрова составляет 50–60 см. На верхней части южного склона снеговой покров небольшой, менее 20 см, распределен неравномерно, имеются участки, вовсе лишенные снегового покрова.

На контрольных точках толщина снегового покрова и его запас влаги обладают средними значениями. Стоит отметить, что плотность снегового покрова на контрольных площадках ниже, чем на склонах Караканского хребта (табл. 13).

Таким образом, наибольший запас почвенной влаги приходится на верхнюю часть северо-восточного склона. Наименьший запас влаги приурочен к верхней части юго-восточного склона (рис. 17).

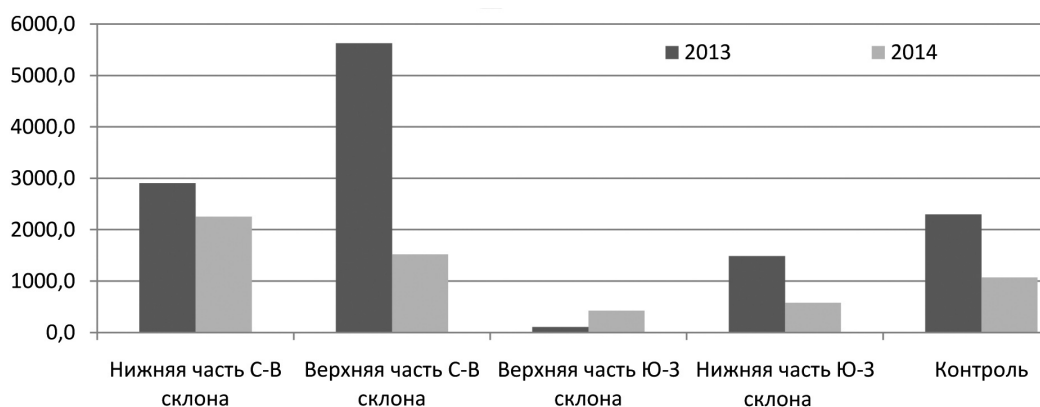


Рис. 17. Распределение запасов влаги в снежном покрове (т/га)

Таблица 13

Характеристика снежного покрова

Мониторин- говые полигоны	2013			2014		
	*Н, см	ρ, г/см ³	z, т/га	Н, см	ρ, г/см ³	z, т/га
МП-1	99	0,371	3670,0	86	0,414	3562,98
МП-2	122	0,255	3110,0	39	0,195	760,5
МП-3	17	0,126	214,4	29	0,273	791,7
МП-4	57	0,213	1214,4	34,4	0,128	439,9
МП-5	99	0,216	2140,0	50	0,189	945,0
МП-6	212	0,384	8150, 0	781	0,293	2285,4
МП-7	0	0	0	2,5	0,218	54,5
МП-8	62	0,284	1760,0	37	0,195	721,5
МП-9	88	0,183	1800,0	26	0,319	825,7
МП-10	140	0,199	2792,0	52	0,253	1315,6

Примечание. *Н – толщина снежного покрова, см; ρ – плотность снега, г/см³;
z – запас влаги, т/га.

Зима 2013–2014 гг. была малоснежной. Снеговой покров в нижней части северо-восточного склона не превышал 1 м (86 и 50 см). В верхней части северо-восточного склона толщина снегового покрова составляла в среднем всего 59 см. Толщина снегового покрова в верхней части южного склона по сравнению с зимой 2012–2013 гг. не изменилась, а вот в нижней части юго-западного склона толщина снегового покрова составляет 36 см. При этом снежный покров на северо-восточном склоне имеет достаточно сложную структуру из слоев с различной плотностью. Наибольшие запасы влаги в зимы 2013–2014 гг. имеет снеговой покров в нижней части северо-восточного склона, но в целом они гораздо меньше, чем в зимы 2012–2013 гг. Наименьшим запасом влаги обладает снежный покров верхней части юго-западного склона.

Глава 6

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ КАРАКАНСКОГО ХРЕБТА

Температура почвы зависит главным образом от лучистой энергии Солнца, или солнечной радиации, которая поглощаясь поверхностью почвы и превращаясь в тепловую энергию, может аккумулироваться, передвигаться от слоя к слою или излучаться с поверхности благодаря проявлению тепловых свойств почвы. Тепловой режим почвы — это совокупность всех явлений поступления, передвижения и отдачи тепла почвой. Основным показателем этого режима является температура почвы.

Приток тепла к поверхности Земли от Солнца и аккумуляция его почвой зависят от географического положения территории, формы рельефа и свойств земной поверхности (окраски, структуры, содержания влаги и др.). Температура почвы относится к весьма непостоянным параметрам и может менять свои значения в течение нескольких минут или часов. В следствие этого температурные изменения чрезвычайно важны для функционирования экосистем, как в летний, так и в зимний период [Вашлаева и др., 2013; Куприянов, Куприянов, 2013]. Стандартные метеонаблюдения, как правило, не включают приземные и почвенные температуры, которые наиболее важны для растений и беспозвоночных животных. По мнению А.В. Алфимова и Д.И. Бермана [2006], температура почвы — это единственная характеристика, которая может быть использована для экологической интерпретации состояния экосистем. Особенно это становится важным при изменении климата [Шмакин и др., 2013]. Изменение микроклиматических особенностей может быть вызвано как глобальными процессами, так антропогенными факторами [Манучаров, Харитонов, 1996].

Методика

Изучалась температура на поверхности почвы и на глубине 15 см с помощью автономных температурных регистраторов системы Термохрон DS1921 (рис. 18). Этот метод хорошо зарекомендовал себя при изучении микроклиматических особенностей в предгорьях Горной Шории [Куприянов, Куприянов, 2013].

Выбор параметров измерения определен расположением почек возобновления гемикриптофитов (они составляют 80 % от общего числа видов, растущих на Караканском хребте) и основной массы корней (рис. 19).

Термохрон, или Thermochron iButton™, с корпоративным обозначением DS1921, является устройством температурного мониторинга. Такие регистраторы серийно выпускаются с июня 1999 г. американской компанией Dallas Semiconductor. Прибор позволяет регистрировать температурные значения через определенные, заранее заданные промежутки времени и сохранять полученную информацию в собственной энергонезависимой памяти. Для наших исследований термохрон был запрограммирован на измерение температуры через 3 ч (8 измерений в сутки).

Информационный обмен со средством обслуживания осуществляется при кратковременном контакте между приемным щупом и корпусом «таблетки» DS1921. Средства обслуживания обеспечивают снятие информации, накопленной термохроном, а также задание новых установочных значений для продолжения их работы. Значения температур сохраняются на базе обычного персонального компьютера. Полученные данные могут быть представлены в виде таблицы либо графика или гистограммы, а также сохранены в виде файла для дальнейшего анализа или архивирования [Куприянов, 2011; Мониторинг ..., 2013].

Данные с устройств Термохрон обрабатывались стандартными статистическими методами обработки временных рядов [Васильева, 2007; Лоскутов, 2013] с помощью ПО MS Excel и программы статистического анализа PAST [Hammer et al., 2001].



Рис. 18. Общий вид термохрона.

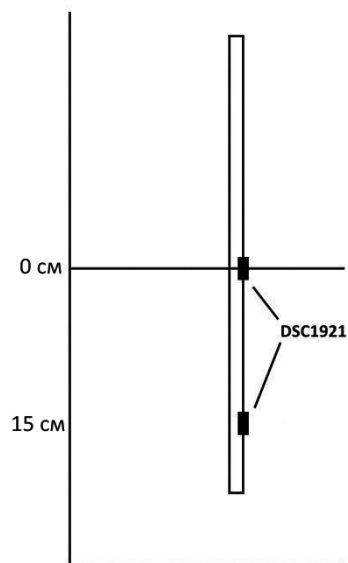


Рис. 19. Расположение автономных регистраторов в почве

Результаты исследований

Температурный режим нижней части северо-восточного склона (МП-1, МП-5), средние значения за 2012–2014 гг.

Температура *на поверхности почвы* в январе и феврале колеблется от $-0,4$ до $-0,5$ °C, среднемесячные, равны $-0,5$ °C.

С начала марта отмечается постепенное повышение температуры: в первой декаде средняя температура составляла $-0,4$ °C, во вторую и третью декады $-0,2$ °C, среднемесячная температура составляет $-0,3$ °C.

В первой декаде апреля температура поверхности почвы переходит через 0 °C. Средние значения температуры за первую декаду составляют $+0,5$ °C, за вторую $+1,2$ °C, за третью $+8,6$ °C, превышая показатели температуры воздуха. Средняя месячная температура поверхности почвы в апреле составляет $+3,4$ °C, а сумма положительных температур 100 °C.

В первую декаду мая температура поверхности почвы продолжает превышать значения температуры воздуха. Средняя температура поверхности почвы за первую декаду составляет $+9,5$ °C. Во второй декаде отмечено уменьшение температуры до $+7,0$ °C. Средняя температура поверхности почвы в мае составляет $+8,5$ °C. Сумма положительных среднесуточных температур составляет 260 °C.

В июне температура постоянно увеличивается, если за первую декаду она составила $+13,0$ °C, то за последнюю $+19,5$ °C. В последнюю декаду июня в отдельные дни температура на поверхности почвы превышает $+20,0$ °C. Средняя месячная температура на поверхности почвы составляет $+16,5$ °C. Сумма положительных среднесуточных температур в июне 500 °C.

В июле температура на поверхности почвы практически не увеличивается, к концу месяца до $+20,0$ °C. Среднемесячная температура поверхности почвы составляет $+16,5$ °C, а сумма положительных температур 600 °C.

В августе температура на поверхности почвы начинает медленно уменьшаться: средняя температура поверхности почвы в первую декаду составляет $+18,0$ °C, за вторую $+17,0$ °C, за третью $+14,0$ °C. Среднемесячная температура августа составляет $+16,3$ °C, а сумма положительных температур 500 °C.

В первую декаду сентября в отдельные дни среднесуточная температура составляет меньше $+10,0$ °C, а средняя за первую декаду составляет $+11,0$ °C. Во вторую декаду температура на поверхности почвы устойчиво ниже $+10$ °C, в среднем $+7,5$ °C. В третью декаду средняя температура поверхности почвы составляет

Температурный режим почвы Караканского хребта

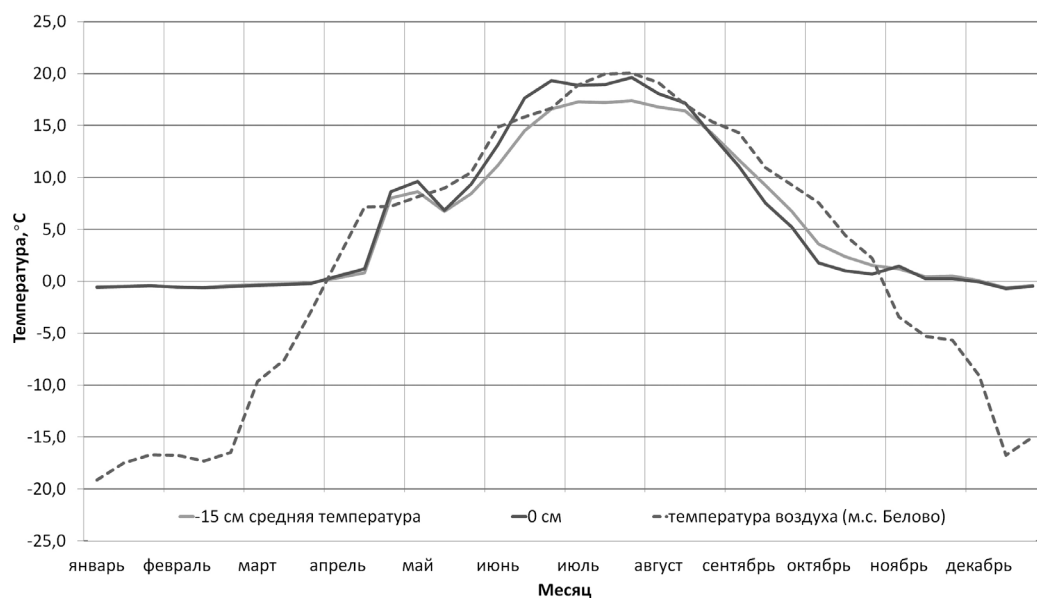


Рис. 20. Динамика средних температур за декаду на нижней части северо-восточного склона

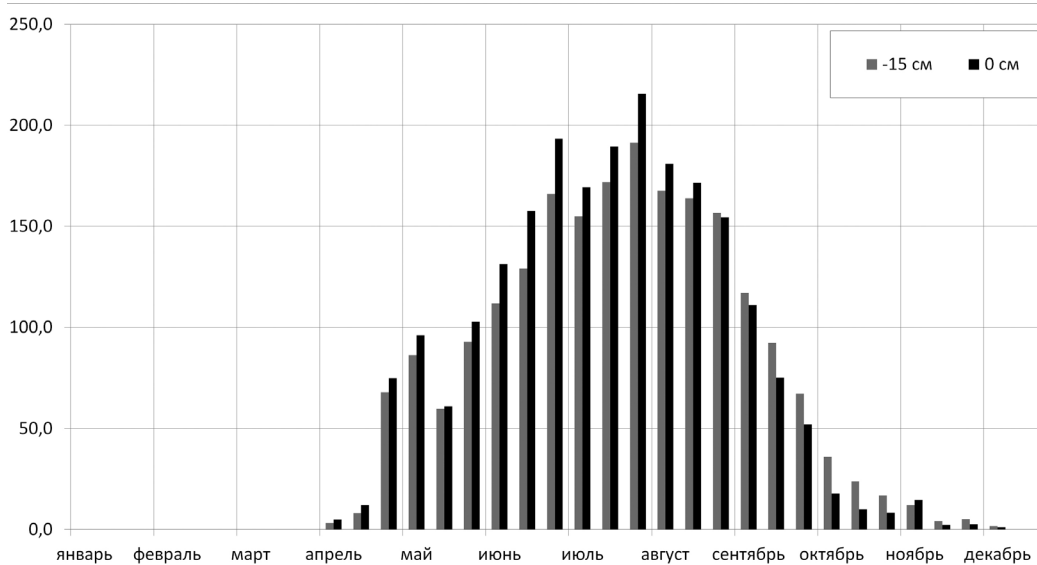


Рис. 21. Сумма положительных температур на нижней части северо-восточного склона

+5,0 °С. Средняя месячная температура сентября +7,9 °С, а сумма положительных температур всего 240 °С.

В первую декаду октября температура поверхности почвы снижается до +2,0 °С. Во вторую и третью декаду октября среднесуточная температура на поверхности почвы достигает 0 °С, однако сопровождается достаточно большой амплитудой колебания температур в течение суток. Средняя температура за последние две декады октября составляет +1,0 °С. Сумма положительных температур в октябре составляет 30 °С.

В первую декаду ноября отмечается колебание среднесуточных температур от +0,1 до +2,0 °С, средняя же месячная температура поверхности почвы составляет +1,5 °С. Во вторую и третью декады ноября температура поверхности почвы составляет +0,2 и +0,3 °С соответственно. Средняя месячная +0,6 °С, а сумма положительных суточных температур всего 20 °С.

В первую декаду декабря на поверхности почвы еще отмечаются положительные температуры, но она быстро опускается ниже 0 °С, средняя за декаду температура на поверхности почвы составляет -0,1 °С, во вторую декаду -0,7 °С, а в третью - -0,5 °С. Средняя месячная температура в декабре составляет -0,4 °С (рис. 20, 21).

На глубине 15 см температура в январе стабильна, колеблется от -0,6 °С до -0,4 °С. Средняя месячная температура в январе составляет -4,5 °С.

В феврале температура в толще почвы несколько снижается до -0,6 °С и остается на этом уровне в течение почти всего месяца, лишь в конце его несколько повышаясь. Средняя температура почвы составляет за месяц -0,5 °С.

В марте отмечается постепенное повышение температуры до -0,1 °С. Среднемесячная температура в марте составляет -0,2 °С.

В апреле температура почвы активно растет: в первую декаду средняя +0,5 °С, при этом в отдельные дни среднесуточная температура может достигать +1,0 °С; во вторую декаду +0,8 °С; в третью декаду +8,0 °С, в отдельные дни среднесуточная температура превышает +10,0 °С. Среднемесячная температура на глубине 15 см составляет +3,0 °С, сумма положительных температур 100 °С.

В первую декаду мая средняя температура почвы составляет +8,5 °С, во второй декаде она несколько снижается - до +6,5 °С, в третьей повышается до +8,5 °С. Среднемесячная температура почвы равна в мае +7,9 °С, а сумма положительных температур равна 250 °С (рис. 20).

В течение июня отмечается постоянный рост температуры в толще почвы: с +8,5 °С в начале месяца до +17,5 °С в его конце. При этом средняя температура

почвы составляла за первую декаду $+11,0^{\circ}\text{C}$, за вторую — $+14,5^{\circ}\text{C}$, за третью — $+16,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура почвы в июне $+14,1^{\circ}\text{C}$, а сумма положительных температур 420°C .

Рост температуры в июле продолжается до последней декады, когда температура в почве достигает $+18,0^{\circ}\text{C}$. Средняя температура почвы за первую декаду июля составляет $+17,5^{\circ}\text{C}$, за вторую декаду $+17,0$, за третью $+17,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура почвы составляет $+17,3^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 530°C .

С августа начинается понижение температуры: в первую декаду средняя температура почвы составляет $+17,0^{\circ}\text{C}$, во вторую декаду — $+16,5^{\circ}\text{C}$, в третью декаду — $+14,0^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура почвы составляет $+15,7^{\circ}\text{C}$, а сумма положительных температур 490°C .

Температура в толще почвы обладает большей инерцией, почва медленней остывает, чем ее поверхность, поэтому в сентябре температура на глубине 15 см выше, чем на поверхности. В первую декаду сентября температура почвы составляет в среднем $+11,5^{\circ}\text{C}$, во вторую — $+9,0^{\circ}\text{C}$, в третью — $+6,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура почвы в сентябре $+9,2^{\circ}\text{C}$, а сумма положительных температур 280°C .

Наиболее активное снижение температуры почвы отмечено в начале октября, в первую декаду температура колеблется от $+6,5$ до $+2,5^{\circ}\text{C}$ (средняя за декаду $+3,6^{\circ}\text{C}$), во вторую — от $+3,5$ до $+1,5^{\circ}\text{C}$ (средняя за декаду $+2,5^{\circ}\text{C}$), в третью — колебалась в пределах $0,5^{\circ}\text{C}$ (средняя за декаду $+1,5^{\circ}\text{C}$). Среднемесячная температура составила $+2,5^{\circ}\text{C}$, а сумма положительных среднесуточных температур 70°C .

В ноябре температура почвы на глубине 15 см продолжает плавно опускаться: в первую декаду — $+1,2^{\circ}\text{C}$, во вторую декаду — $+0,4^{\circ}\text{C}$, в третью — $+0,5^{\circ}\text{C}$. Средняя месячная температура почвы в ноябре составляет $+0,7^{\circ}\text{C}$ (рис. 19), а сумма положительных температур 20°C (рис. 21).

В первую декаду декабря температура почвы опускается до 0°C , во вторую и третью — еще ниже и стабилизируется на уровне $-0,5^{\circ}\text{C}$. Средняя месячная температура составляет $-0,3^{\circ}\text{C}$ (рис. 21).

*Температурный режим верхней части северо-восточного склона
(МП-1, МП-6), средние значения 2012–2014 гг.*

В первую декаду января температура на поверхности почвы стабильна, она колеблется от 0 °С до –0,4 °С. Средняя месячная температура –0,3 °С.

В течение февраля температура немного опускается, среднесуточные температуры на поверхности почвы колеблются в пределах от –0,5 до –0,4 °С. Средняя месячная температура была –0,4 °С.

В начале марта температура на поверхности почвы не претерпевает изменений, средняя температура за первую декаду составляет –0,4 °С. С середины марта начинается постепенное ее повышение, средняя температура второй декады составляет –0,2 °С, а третьей декады уже 0 °С. Средняя месячная температура составила –0,2 °С (рис. 22).

В апреле темп роста температуры поверхности почвы увеличивается, в первую декаду среднесуточный показатель достигает +3,0 °С, в среднем за декаду – +1,0 °С, во вторую декаду – +3,0 °С, в третью – +9,0 °С, а среднесуточная в отдельные дни превышает +10 °С. Среднемесячная температура составляет +4,3 °С, а сумма положительных температур 130 °С (рис. 23).

В течение мая температура на поверхности почвы превышает отметку +10 °С. В начале первой декады она возрастает, в конце – снижается. Во второй половине мая температура активно растет. Среднемесячная температура поверхности почвы в мае – +9,5 °С, а сумма положительных температур 160 °С.

Рост температуры почвы продолжается в течение июня: средняя в первой декаде составляет +14,4 °С, во второй – +18,0 °С, в третьей декаде – +18,8 °С. Среднемесячная температура поверхности почвы составила +17,1 °С, а сумма положительных температур около 500 °С.

В начале июля рост температуры поверхности почвы приостанавливается, в конце июля она снова возрастает, достигая максимальных годовых значений. Средняя температура в первую декаду – +18,5 °С, во вторую – +18,7 °С, в третью декаду – +18,8 °С. Максимальная среднесуточная температура почвы достигает +22,0 °С. Среднемесячная температура составляет +19,3 °С, а сумма положительных температур +600 °С.

В августе начинается постепенное похолодание, уже в первую декаду средняя температура поверхности почвы составляет +18,4 °С, во вторую – +17,0 °С, в третью декаду – +14,4 °С. Среднемесячная температура +16,5 °С, а сумма положительных температур 500 °С.

Температурный режим почвы Караканского хребта

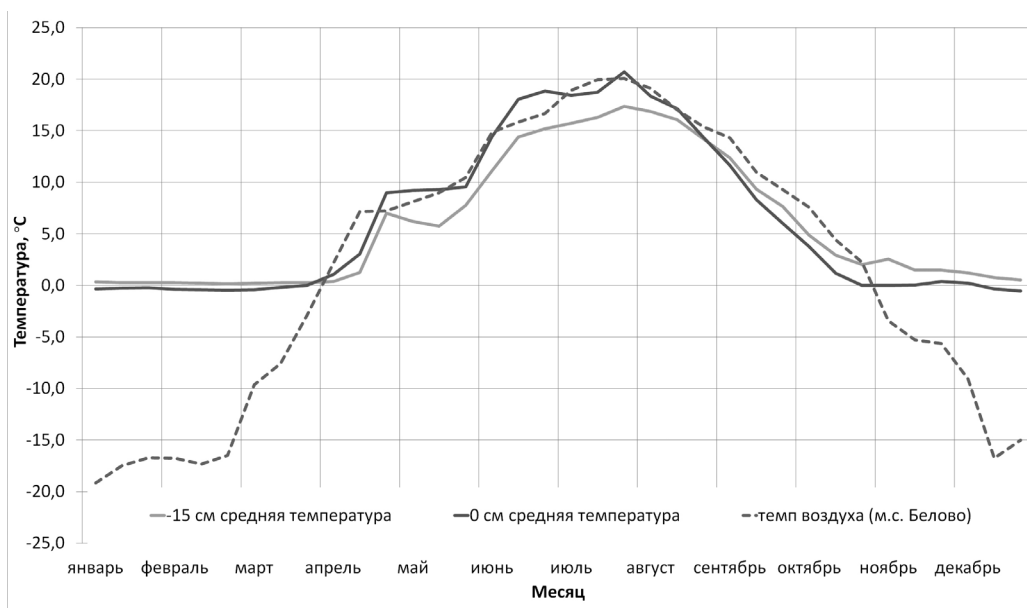


Рис. 22. Динамика средних температур за декаду на верхней части северо-восточного склона. Условные обозначения см. рис. 19

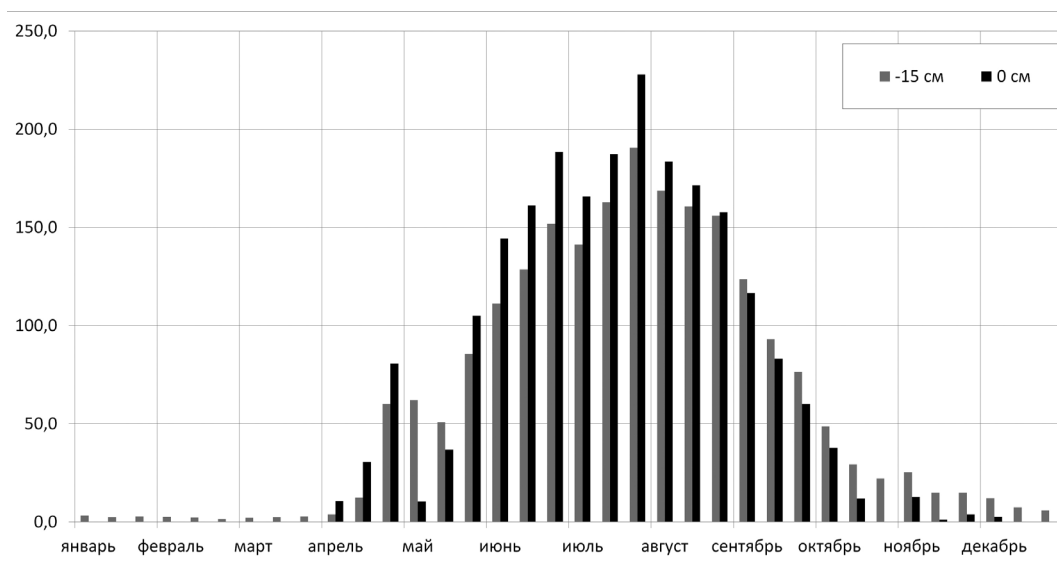


Рис. 23. Сумма положительных температур на верхней части северо-восточного склона. Условные обозначения см. рис. 20

В первую декаду сентября температуры на поверхности почвы еще превышают $+10^{\circ}\text{C}$, но затем опускаются достаточно стремительно, средняя температура первой декады составляет $+11,5^{\circ}\text{C}$, во вторую декаду она устойчиво ниже $+10,0^{\circ}\text{C}$ — в среднем $+8,3^{\circ}\text{C}$. В третью декаду средняя температура поверхности почвы составляет $+6,0^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура почвы составляет $+8,6^{\circ}\text{C}$, а сумма положительных температур равна 250°C .

В октябре температура поверхности почвы продолжает снижаться: в первую декаду — $+3,5^{\circ}\text{C}$, во вторую и третью декады стремится к 0°C . Среднемесячная температура $+1,5^{\circ}\text{C}$, а сумма положительных среднесуточных температур 50°C .

В течение ноября температура поверхности почвы колеблется около 0°C , среднесуточные температуры в отдельные дни опускаются до $-0,5^{\circ}\text{C}$ и поднимаются до $+0,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура $+0,1^{\circ}\text{C}$, а сумма положительных температур всего около 10°C .

В декабре отмечается постепенное понижение температуры поверхности почвы с сопутствующим небольшим увеличением суточной амплитуды. Среднее значение в первую декаду — $+0,2^{\circ}\text{C}$, во вторую декаду несколько выше — $+1,0^{\circ}\text{C}$, в третью опускается до $-0,5^{\circ}\text{C}$. Средняя температура за первую декаду составляет $-0,4^{\circ}$. В последнюю декаду амплитуда колебания температур уменьшается, а средняя температура почвы за декаду составляет $-0,5^{\circ}\text{C}$, в последнюю декаду — $-0,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура $-0,2^{\circ}\text{C}$.

На глубине 15 см в течение января и первой декады февраля температура равна $+0,3^{\circ}\text{C}$, лишь во второй половине февраля опускается до $+0,2^{\circ}\text{C}$ и находится на этом уровне до начала апреля (рис. 19). Сумма положительных температур за январь и февраль составляет менее 10°C (рис. 23).

В марте температура на глубине остается положительной. В отдельные дни температура почвы опускается ниже 0°C .

С началом апреля отмечается постепенный и очень медленный рост температуры почвы, в первую декаду средняя составляет $+0,4^{\circ}\text{C}$, во вторую декаду уже $+1,2^{\circ}\text{C}$, в третью — $+7,0^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура $+2,9^{\circ}\text{C}$, а сумма положительных температур составляет 80°C (рис. 22, 23).

В первую и вторую декады мая отмечается небольшое снижение температуры почвы, заканчивающееся к третьей декаде, когда снова отмечается ее устойчивый рост. Среднемесячная температура $+6,6^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 150°C .

В июне температура почвы постепенно повышается: в первую декаду $+11,0^{\circ}\text{C}$, во вторую — $+14,5^{\circ}\text{C}$, в третью — $+15,2^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $+13,5^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 500°C .

Июль является наиболее теплым месяцем, температура почвы растет плавно и постоянно. Средняя в первой декаде составляет $+15,5^{\circ}\text{C}$, во вторую — $+16,5^{\circ}\text{C}$. В последнюю декаду июля температура почвы достигает максимальных среднесуточных значений — $+18,0^{\circ}\text{C}$, а средняя за декаду — $+17,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура почвы $+16,5^{\circ}\text{C}$, а сумма положительных температур около 600°C .

С августа начинается постепенное снижение температуры: с $+17,0$ в первой декаде до $+14,2^{\circ}\text{C}$ в третьей. Среднемесячная температура почвы — $+15,5^{\circ}\text{C}$, а сумма положительных температур около 500°C .

С сентября температура на глубине 15 см остается значительно выше, чем на поверхности. Снижение температуры все еще мало заметное, но постоянное, увеличивается ее среднесуточная амплитуда. В первую декаду температура почвы составляет $+12,5^{\circ}\text{C}$, во вторую декаду — $+9,3^{\circ}\text{C}$, в последнюю декаду — $+7,6^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $+9,8^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 250°C .

В первую декаду октября температура почвы составила $+4,9^{\circ}\text{C}$, во вторую — $+2,9^{\circ}\text{C}$, в третью — $+2,0^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $+3,2^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 50°C .

В ноябре температура почвы более стабильна, чем в предыдущие месяцы, снижаясь с $2,5^{\circ}\text{C}$ в первую декаду до $+1,5^{\circ}\text{C}$ в третью. Среднемесячная $+1,8^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 20°C .

В декабре температура почвы снижается, в отдельные дни до $+0,3^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура почвы $+0,8^{\circ}\text{C}$ (рис. 22), а сумма положительных среднесуточных температур составила менее 10°C (рис. 23).

Температурный режим верхней части юго-западного склона (МП-3, МП-7) за 2012–2014 гг.

В начале года на поверхности почвы в верхней части юго-западного склона отмечены относительно низкие температуры. В течение января поверхность почвы промерзает от до $-3,5^{\circ}\text{C}$ до $-2,0^{\circ}\text{C}$. Средняя температура поверхности почвы за первую декаду составляет $-2,4^{\circ}\text{C}$, во вторую и третью декаду $-2,6^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура поверхности почвы в январе равна $-2,5^{\circ}\text{C}$ (рис. 24).

Понижение температуры поверхности почвы продолжается и в первую декаду февраля, когда средняя температура составляет $-3,0^{\circ}\text{C}$. В последующие декады изменения температуры поверхности почвы незначительны, так, во вторую декаду средняя температура составляла $-2,9^{\circ}\text{C}$, в третью $-2,8^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура $-2,9^{\circ}\text{C}$.

С марта рост температуры становится более заметным: в первую декаду она поднимается до $-1,3^{\circ}\text{C}$ в среднем за сутки, а средняя составляет $-1,9^{\circ}\text{C}$. Во вторую декаду поверхность почвы прогревается до среднесуточных значений $-0,5^{\circ}\text{C}$, средняя же за декаду составляет $-1,0^{\circ}\text{C}$. Средняя температура поверхности почвы в последнюю декаду марта составляет $-0,5^{\circ}\text{C}$. Средняя месячная температура $-1,0^{\circ}\text{C}$.

В апреле рост температуры поверхности почвы становится более интенсивным, она становится выше 0°C уже в первую декаду, при средней за декаду 0°C . Во вторую декаду апреля температура поверхности почвы составляла в среднем $+2,4^{\circ}\text{C}$. В последнюю декаду температура на поверхности почвы превышает отдельные сутки $+10^{\circ}\text{C}$, а средняя составляет $+8,0^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура $+3,5^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 100°C (рис. 25).

Рост температуры в мае прерывается спадом в середине месяца, когда температура поверхности почвы опускается до $+3,5^{\circ}\text{C}$. Во второй половине мая рост снова активизируется, а амплитуда уменьшается. Среднемесячная температура $+8,0^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 250°C .

В течение июня рост температуры поверхности почвы продолжается: в первую декаду составила в среднем $+15,5^{\circ}\text{C}$, во вторую — $+19,5^{\circ}\text{C}$, в третью — $+21,5^{\circ}\text{C}$, что является достаточно высоким показателем. Среднемесячная температура $+19,0^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 550°C .

В июле температура поверхности почвы относительно стабильна, отмечается постепенное повышение температуры. В первую декаду средняя температура составляет $+18,5^{\circ}\text{C}$, во вторую — $+20,0^{\circ}\text{C}$. К третьей декаде приурочен пик температуры, средняя же температура за последнюю декаду июля составляет $+22^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура $+22,3^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 630°C .

В первую декаду августа температура на поверхности почвы продолжает оставаться на высоком уровне: средняя температура составляет $+21,5^{\circ}\text{C}$. Со второй декады температура снижается, средняя за декаду составляет уже $+19,8^{\circ}\text{C}$, а средняя температура за третью декаду — уже $+16,6^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура $+17,3^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 560°C .

Снижение температуры поверхности почвы, начинающееся со второй декады августа, активно развивается в течение сентября. Средняя температура первой декады — $+12,2^{\circ}\text{C}$, второй — уже $+8,0^{\circ}\text{C}$, а третьей — $+6,6^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура $+8,9^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 300°C .

В октябре температура поверхности почвы продолжает опускаться. В первую декаду средняя температура составляет $+3,2^{\circ}\text{C}$. Во вторую декаду отмечаются

Температурный режим почвы Караканского хребта

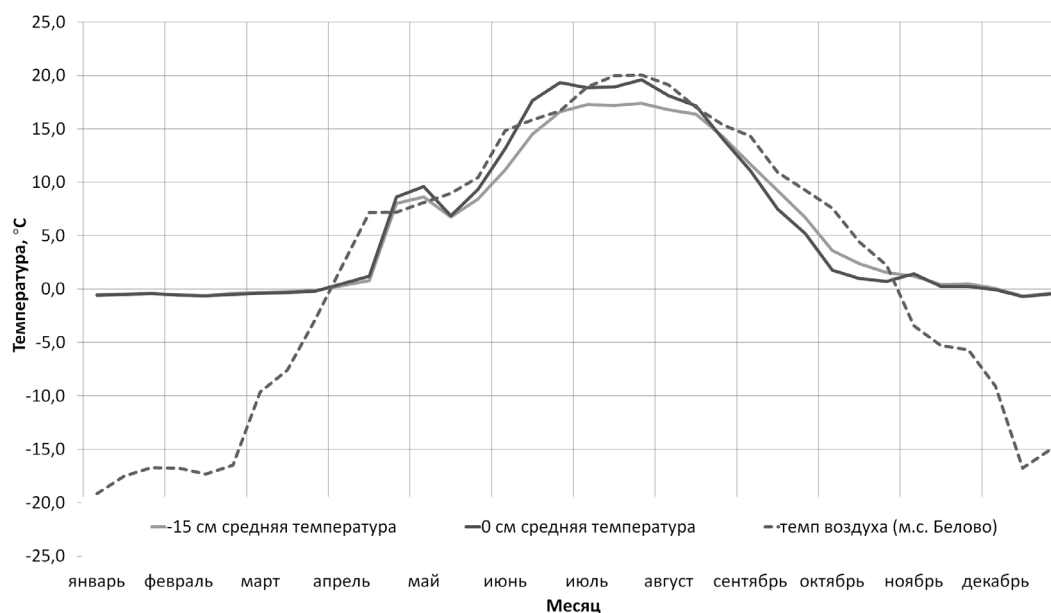


Рис. 24. Динамика средних температур за декаду на верхней части юго-западного склона. Условные обозначения см. рис. 19

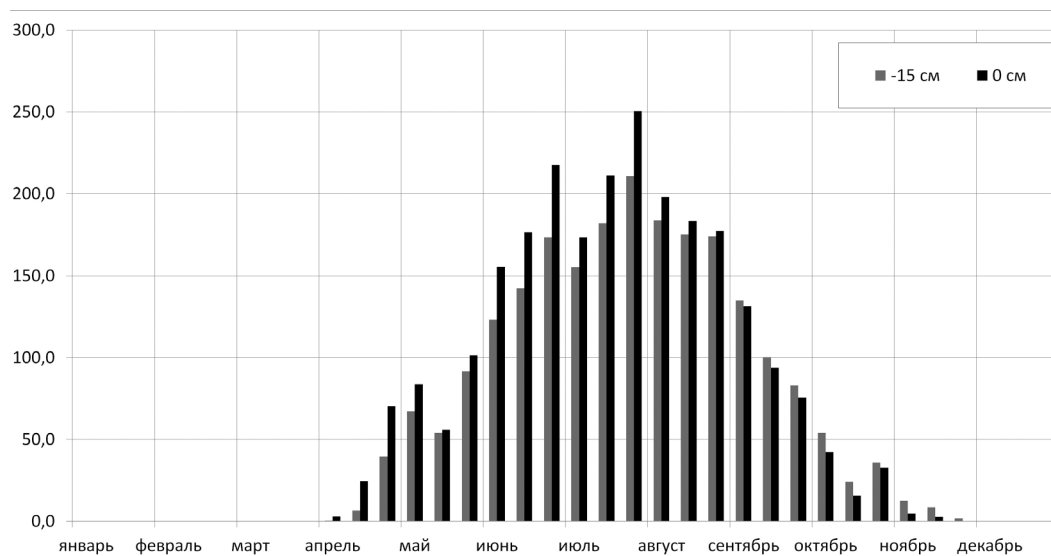


Рис. 25. Сумма положительных температур на верхней части юго-западного склона. Условные обозначения см. рис. 20

уже среднесуточные температуры ниже 0°C , средняя же температура за декаду составляет $+0,7^{\circ}\text{C}$. Начиная с третьей декады октября отмечается краткосрочное повышение температуры поверхности почвы до $+5^{\circ}\text{C}$, средняя же температура за декаду составляет $+2,7^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура $+2,2^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур равна 90°C .

В ноябре температура поверхности почвы стабильно опускается ниже 0°C , так, средняя температура первой декады составляет всего $+0,6^{\circ}\text{C}$, во вторую декаду температура поверхности почвы в среднем уже $-0,5^{\circ}\text{C}$. В последнюю декаду средняя температура составляет $-0,8^{\circ}\text{C}$. Средняя температура поверхности почвы в ноябре $-0,2^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур менее 10°C .

В декабре температура на поверхности почвы продолжает опускаться: в первую декаду средняя температура $-1,5^{\circ}\text{C}$, во вторую декаду $-3,0^{\circ}\text{C}$, а в третью декаду $-2,4^{\circ}\text{C}$. Средняя температура за декабрь составляет $-2,6^{\circ}\text{C}$, положительные температуры на поверхности почвы не отмечаются.

На глубине 15 см в начале года господствуют отрицательные температуры, которые в январе и феврале продолжают опускаться. Наиболее низкие температуры отмечаются в феврале $-2,8^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура почвы в январе равна $-2,0^{\circ}\text{C}$, а в феврале $-2,5^{\circ}\text{C}$.

С марта начинается постепенное повышение температуры почвы: в первой декаде $-1,9^{\circ}\text{C}$, во второй $-1,0^{\circ}\text{C}$, в третью $-0,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $-1,2^{\circ}\text{C}$.

В апреле температура почвы растет более активно. В первую декаду апреля в почве еще сохраняются отрицательные температуры (средняя за декаду составляет $-0,2^{\circ}\text{C}$), но во вторую декаду апреля температура почвы становится устойчиво выше 0°C (средняя за декаду $+0,5^{\circ}\text{C}$). В третью декаду почва хорошо прогревается, средняя $+4,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура почвы в апреле составляет $+1,7^{\circ}\text{C}$ (рис. 23), сумма положительных температур равна 50°C (рис. 25).

В мае температура почвы растет не столь активно: в первую декаду $+6,5^{\circ}\text{C}$, во вторую $+6,0^{\circ}\text{C}$, в третью декаду снова начинается активный рост температуры, средняя за декаду равна $+8,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $+7,1^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 220°C .

В первую декаду июня средняя температура почвы $+12,5^{\circ}\text{C}$, во вторую — $+16,0^{\circ}\text{C}$, в третью — $+17,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура почвы в июне составляет $+15,2^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 450°C .

В июле температура почвы продолжает расти, но уже гораздо медленнее. Средняя температура первой декады составляет $+17,5^{\circ}\text{C}$, второй — $+18,0^{\circ}\text{C}$. В последнюю декаду отмечается пик почвенных температур: среднесуточные тем-

пературы достигают $+19,5^{\circ}\text{C}$, а средняя за декаду составляет $+19,2^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $+18,2^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур равна 550°C .

После июльского пика температур в августе начинается постепенное снижение температуры. В первую декаду в среднем $+18,5^{\circ}\text{C}$, во вторую декаду — $+17,5^{\circ}\text{C}$, в третью декаду — $+15,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $+17,2^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 530°C (рис. 25).

С приходом осенних похолоданий температура на глубине 15 см начинает активно снижаться, так, в течение сентября с $+15,0$ до $+7,0^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $+10,5^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 300°C .

В целом, температура почвы на глубине снижается не так резко, как температура на поверхности. В первую декаду октября она составляла в среднем $+5,5^{\circ}\text{C}$, во вторую — уже $+2,5^{\circ}\text{C}$. Благодаря потеплению в конце октября падение температуры прерывается небольшим ее поднятием, средняя температура почвы за последнюю декаду составляет $+3,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная равна $+3,7^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 100°C .

В ноябре температура продолжает опускаться: в первую декаду $+1,5^{\circ}\text{C}$, а в последнюю уже 0°C . Среднемесячная $+0,8^{\circ}\text{C}$ (рис. 23), сумма положительных температур не более 20°C (рис. 25).

В декабре происходит постепенное промерзание почвы, в первую декаду температура составляет в среднем $-0,5^{\circ}\text{C}$, во вторую и третью $-2,0^{\circ}\text{C}$. Средняя месячная $-1,6^{\circ}\text{C}$.

Температурный режим нижней части юго-западного склона (МП-4, МП-8), средние значения за 2012–2014 гг.

В начале года в нижней части склона температура *на поверхности почвы* низкая, в среднем за первую декаду января $-2,7^{\circ}\text{C}$, к концу месяца $-3,0^{\circ}\text{C}$. Средняя месячная $-2,7^{\circ}\text{C}$ (рис. 26).

В феврале температура опускается еще ниже, среднемесячная $-4,0^{\circ}\text{C}$.

В марте начинается постепенное повышение температуры, хотя отрицательные температуры сохраняются. В течение месяца температура повышается от $-3,0^{\circ}$ до 0°C . Среднемесячная $-1,5^{\circ}\text{C}$.

В апреле температура поверхности почвы растет активно, в первой декаде $+3,0^{\circ}\text{C}$, во вторую — $+3,9^{\circ}\text{C}$, в третью — $+10,6^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $+6,0^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 170°C (рис. 27).

В мае рост температуры почвы несколько затормаживается: если в первую декаду она составляла $+8,0^{\circ}\text{C}$, то во вторую опускается до среднесуточных $+2,5^{\circ}\text{C}$.

Средняя за декаду $+5,5^{\circ}\text{C}$. В третью декаду отмечается постоянный рост температуры, средняя за декаду составляет $+8,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $+7,4^{\circ}\text{C}$, сумма положительных среднесуточных температур 230°C .

В июне рост температуры наиболее активен: в первую декаду $+15,5^{\circ}\text{C}$, во вторую — $+19,5^{\circ}\text{C}$, в третью $+20,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $+18,5^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 550°C .

В июле температура поверхности почвы достигает своего максимума: в последней декаде среднесуточная температура достигает $+21,5^{\circ}\text{C}$, средняя месячная $+18,4^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 630°C .

В августе температура поверхности почвы постепенно снижается: первая декада — $+19,3^{\circ}\text{C}$, вторая — $+17,7^{\circ}\text{C}$, третья — $+15,3^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $+17,4^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 540°C .

С начала сентября темп снижения температуры на поверхности почвы увеличивается. Средняя за первую декаду составляет $+12,2^{\circ}\text{C}$, за вторую — $+7,9^{\circ}\text{C}$, в последнюю — $+6,6^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $+8,9^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур 250°C .

В октябре температура поверхности почвы продолжает быстро снижаться до $+2,2^{\circ}\text{C}$ в среднем за месяц. Сумма положительных температур октября 70°C .

В начале ноября на поверхности почвы еще отмечаются положительные температуры, средняя за первую декаду $+0,5^{\circ}\text{C}$. Во вторую и третью декады температура опускается ниже 0°C , средняя за вторую декаду составляет $-0,5^{\circ}\text{C}$, а за третью $-0,8^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $-0,2^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур менее 10°C .

В начале декабря температура поверхности почвы продолжает опускаться, но не столь стремительно: первая декада $-1,5^{\circ}\text{C}$, вторая $-3,0^{\circ}\text{C}$, третья $-3,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура декабря $-2,7^{\circ}\text{C}$.

На глубине 15 см в начале года в толще почвы отмечается отрицательная, но стабильная температура. Средняя температура первой и второй декады составляет $-1,6^{\circ}\text{C}$. В третью декаду температура почвы снижается: в среднем за декаду $-2,0^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $-1,8^{\circ}\text{C}$.

В феврале температура почвы продолжает опускаться: в первую декаду $-2,9^{\circ}\text{C}$, во вторую $-3,2^{\circ}\text{C}$, в последнюю $-3,1^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная почвы $-3,0^{\circ}\text{C}$.

С марта начинается постоянное, но очень медленное повышение температуры почвы: первая декада $-2,5^{\circ}\text{C}$, вторая $-1,5^{\circ}\text{C}$, третья $-0,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная $-1,4^{\circ}\text{C}$.

Температурный режим почвы Караканского хребта

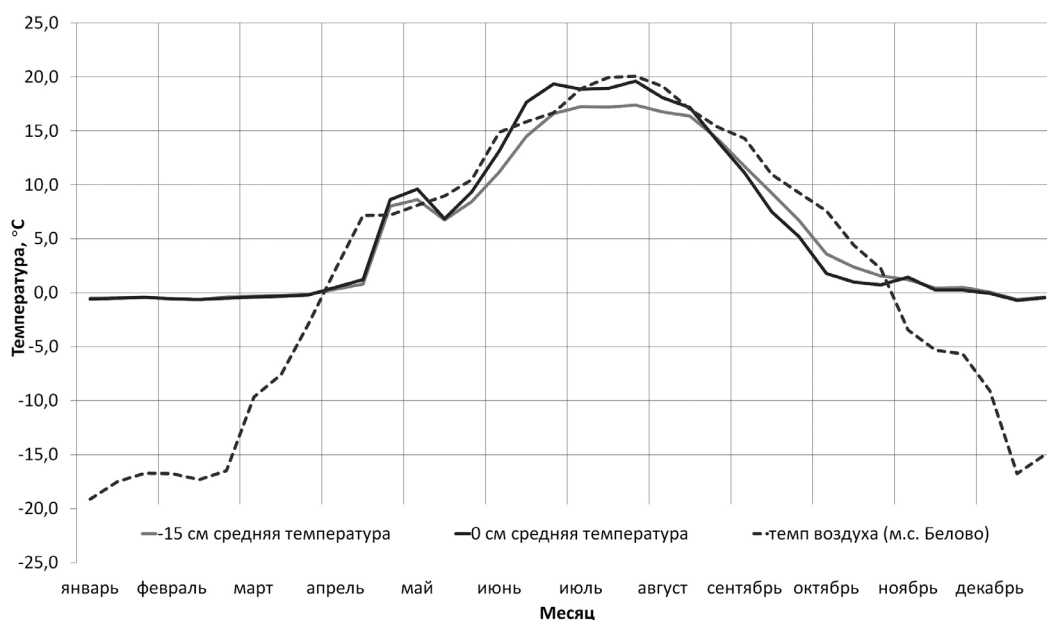


Рис. 26. Динамика средних температур за декаду на нижней части юго-западного склона. Условные обозначения см. рис. 19

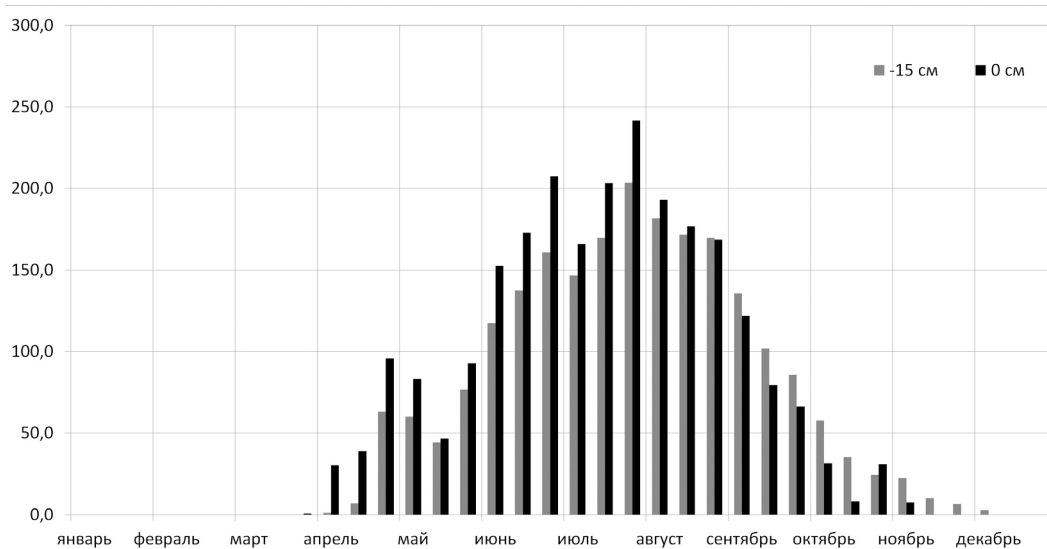


Рис. 27. Сумма положительных температур на нижней части юго-западного склона. Условные обозначения см. рис. 20

В первую декаду апреля температура почвы достигает 0 °С, во вторую — +0,5 °С, в третью — +7,3 °С. Среднемесячная температура почвы в апреле +2,6 °С, сумма положительных температур 80 °С.

Рост температуры отмечается и в мае. Первая декада месяца имеет среднюю температуру +6,0 °С, вторая — +5,0 °С, третья — +7,0 °С. Среднемесячная +6,0 °С. Максимальная среднесуточная температура в этот период составила +9,5 °С, минимальная — +3,9 °С. Сумма положительных температур 180 °С.

К началу июня температура почвы достигает средних летних значений. В течение месяца температуры неуклонно повышаются: первая декада — +11,5 °С, вторая — +15,5 °С, а третьей +16,1 °С. Среднемесячная +14,4 °С, сумма положительных температур 430 °С.

В начале июля рост температуры замедляется: первая декада +16,3 °С, вторая — +17,0 °С, третья — это самая теплая декада в году — +18,5 °С. Максимальная среднесуточная температура в эту декаду составляет +18,8 °С, минимальная — +17,8 °С. Средняя температура июля +13,7 °С, сумма положительных температур 530 °С.

В августе температура почвы остается на достаточно высоком уровне, но уже отмечается постепенное ее понижение. Первая декада августа похожа на последнюю декаду июля: средняя температура составила +18,2 °С. Вторая декада августа также является одной из самых теплых, средняя температура +17,0 °С. В третью декаду фиксируется понижение температуры, средняя +15,5 °С. Среднемесячная +16,8 °С, сумма положительных температур 520 °С.

В сентябре понижение температуры все еще постепенное: в первую декаду +13,6 °С, во вторую — +10,2 °С, в третью — +8,5 °С. Среднемесячная +10,7 °С, сумма положительных температур 320 °С.

Октябрь характеризуется высокой амплитудой температур и продолжающимся снижением температур. В первую декаду средняя температура составила +5,8 °С, во вторую декаду +3,5 °С, в третью — +2,5 °С. Среднемесячная температура +3,7 °С, сумма положительных температур 110 °С.

Ноябрь характеризуется спадом до температур, характерных для зимнего периода. В первую декаду отмечается довольно резкое снижение температуры, в среднем +2,2 °С. Вторая декада имеет среднюю температуру +1,0 °С, третья +0,5 °С. Средняя месячная температура +1,3 °С, сумма положительных температур менее 10 °С (рис. 27).

В декабре остывание почвы продолжается. В первую декаду температуры колебались около 0 °С, во вторую декаду средняя температура составила —1,0 °С, в третью —2,0 °С. Среднемесячная —1,0 °С (рис. 26).

Глава 7

СТРУКТУРА ФИТОМАССЫ ЛУГОВЫХ СООБЩЕСТВ КАРАКАНСКОГО ХРЕБТА

Продуктивность растительных сообществ определяется и лимитируется многими факторами внешней среды, важнейшие из которых — гидротермический режим, поступление элементов минерального питания, интенсивность и длительность вегетации, антропогенное влияние [Онипченко, 2014]. К последнему может быть отнесено техногенное воздействие, возникающее при разработке месторождений полезных ископаемых. Растительные сообщества Караканского хребта, окруженные угольными предприятиями, испытывают значительную техногенную нагрузку. Фитоценозы, обладая определенной буферностью, в течение некоторого периода времени могут быть устойчивыми к техногенному воздействию. Поскольку угольные предприятия вокруг Караканского хребта еще не вышли на проектную мощность по угледобыче, в перспективе их влияние на растительные сообщества будет только возрастать. При этом общая продуктивность и продуктивность отдельных компонентов фитоценозов могут существенно измениться. В связи с этим возникла необходимость учета продуктивности сообществ практически с момента угледобычи, чтобы впоследствии оценить влияние угольных разрезов на структуру фитоценозов. Поскольку погодные условия каждого года влияют на параметры продуктивности, мониторинг проведен в течение трех полевых сезонов, различавшихся по водному и температурному режиму: в 2012, 2013 и 2014 гг.

При изучении продуктивности травянистых сообществ Караканского хребта использована принятая терминология [Гришина, 1974; Титлянова и др., 1988; Работнов, 1992; Богатырев, Телеснина, 2010]. Фитомасса — суммарная масса живых и отмерших частей растений на единицу площади. В структуре фитомассы

травянистых сообществ выделяют подземную (корни, корневища, клубни, подземные части стеблей, луковичы и т. п.) и надземную части. Надземная фитомасса, в свою очередь, состоит из живой части — массы вегетирующих растений; мортмассы — отмерших частей растений текущего года и прошлых лет, сохранивших анатомическую структуру тканей; подстилки — растительной массы прошлых лет, подверженной дезинтеграции, утратившей первоначальную структуру, частично разложившейся и вовлеченной в почвообразовательный процесс.

Методика

Подземную биомассу отбирали пробоотборником на глубину 20 см в пятикратной повторности с каждой учетной площадки (рис. 6 и 28). Такая глубина обеспечивает отбор от 85 до 95 % всех корней [Качинский, 1925; Байтулин, 1987]. Всего на пробной площади (ПП) отбирали 25 фракций почвы с корневой системой. После высушивания фракций почвы с корнями образцы просеивались сквозь систему сит С12/38, с последующим отбором корней с помощью пинцета. Каждую фракцию корней помещали в отдельный конверт, высушивали и взвешивали.

С каждой учетной площадки (УП) брали пробы надземной массы в пятикратной повторности, далее пробы разбирали на следующие фракции: подстилка, мортмасса, злаки, бобовые, разнотравье [Андреева и др., 2002; Гришина, Самойлова, 1971]. Растения скашивали на уровне земли и помещали в полиэтиленовые пакеты. Камеральную обработку проводили в тот же день: растения раскладывали на фракции, каждая фракция заворачивалась в бумагу и взвешивалась. Высушивание фракций производили в помещении с принудительной вентиляцией до постоянного воздушно-сухого состояния и повторно взвешивали на весах с точностью до 0,1 г.

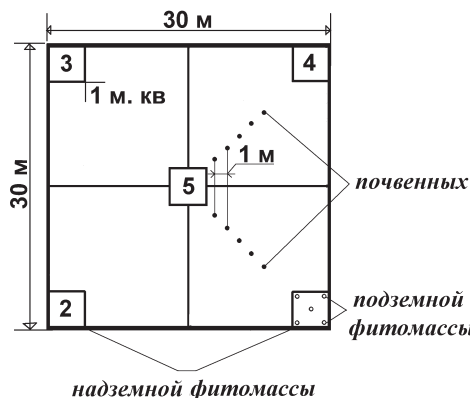


Рис. 28. Места отбора проб на пробной площади за 1 полевой сезон

Таблица 14

Динамика фитомассы за трехлетний период мониторинга, г/м²

Показатель	2012	2013	2014	НСР ₀₉₅
МП-1				
Надземная часть, в т. ч.	474	647	389	97
мортмасса	56	198	31	65
подстилка	0	0	8	0
живая фитомасса	418	449	350	44
Подземная часть	1970	2500	2674	427
Всего:	2444	3147	3063	667
Соотношение Н/П	0,25	0,26	0,14	
МП-2				
Надземная часть, в т. ч.	353	706	502	147
мортмасса	34	280	90	99
подстилка	0	0	0	0
живая фитомасса	319	426	412	71
Подземная часть	1536	1667	3042	745
Всего:	1889	2372	3544	747
Соотношение Н/П	0,23	0,42	0,16	
МП-3				
Надземная часть, в т. ч.	167	532	897	254
мортмасса	54	112	106	35
подстилка	0	0	0	0
живая фитомасса	113	420	790	254
Подземная часть	1336	2519	3105	655
Всего:	1503	3051	4002	920
Соотношение Н/П	0,12	0,21	0,28	
МП-4				
Надземная часть, в т. ч.	523	742	516	116
мортмасса	42	157	91	43
подстилка	0	0	0	0

(продолжение табл. 14)

Показатель	2012	2013	2014	НСП ₀₉₅
живая фитомасса	481	585	425	101
Подземная часть	2245	2019	2052	286
Всего:	2768	2761	2568	882
Соотношение Н/П	0,23	0,36	0,25	
МП-5				
Надземная часть, в т. ч.	292	541	467	76
мортмасса	80	173	108	34
подстилка	47	28	69	27
живая фитомасса	165	340	289	60
Подземная часть	1088	2079	2985	563
Всего:	1380	2619	3452	629
Соотношение Н/П	0,27	0,26	0,15	
МП-6				
Надземная часть, в т. ч.	476	993	959	279
мортмасса	39	375	256	160
подстилка	90	142	145	82
живая фитомасса	437	476	559	94
Подземная часть	1928	2607	1455	533
Всего:	2404	3600	2414	615
Соотношение Н/П	0,24	0,38	0,65	
МП-7				
Надземная часть, в т. ч.	148	581	442	157
мортмасса	40	107	17	44
подстилка	19	0	0	8
живая фитомасса	89	475	425	169
Подземная часть	3989	1766	2960	1149
Всего:	4137	2347	3402	1272
Соотношение Н/П	0,03	0,32	0,15	

(окончание табл. 14)

Показатель	2012	2013	2014	НСР ₀₉₅
МП-8				
Надземная часть, в т. ч.	411	525	360	89
мортмасса	78	163	0	55
подстилка	0	0	0	0
живая фитомасса	333	362	360	65
Подземная часть	1935	1769	2419	636
Всего:	1346	2295	2779	668
Соотношение Н/П	0,21	0,29	0,14	
МП-9				
Надземная часть, в т.ч.	1549	873	708	311
мортмасса	461	138	150	143
подстилка	611	288	60	234
живая фитомасса	477	447	497	56
Подземная часть	2003	2459	838	738
Всего:	3552	3332	1545	1069
Соотношение Н/П	0,77	0,35	0,84	
МП-10				
Надземная часть, в т. ч.	935	1005	1030	86
мортмасса	303	226	262	58
подстилка	210	300	369	80
живая фитомасса	422	479	398	63
Подземная часть	2479	2196	2171	591
Всего:	3414	3201	3201	678
Соотношение Н/П	0,37	0,45	0,47	

Примечание. Н – надземная часть, П – подземная часть, НСР₀₉₅ – наименьшая существенная разность 95 %.

Результаты исследований

За трехлетний период наблюдений в различных экотопах Караканского хребта зафиксирована динамика общей фитомассы и ее составляющих (табл. 14).

В 2012 г. средние значения показателей фитомассы на участках северо-восточного макросклона и нижней части юго-западного макросклона составили, г/м²: подземная часть — 1630, надземная часть — 447, в том числе мортмасса — 51, живая фитомасса — 396. Различия между МП-1, МП-2 и МП-4, МП-6, МП-8 недостоверны. На МП-5, которая представляет собой бывший сенокос, существенно ниже количество живой фитомассы — 165 г/м² и всей надземной части — 292 г/м². Подстилка присутствует только на МП-5 и МП-6 в количестве 44 г/м². Соотношение надземной фитомассы и подземной составляло 0,25.

На верхних участках юго-западного макросклона (МП-3, МП-7) подземная фитомасса в среднем составила 1336 и 3989 г/м² соответственно, надземная часть — в среднем 157 г/м², в том числе мортмасса — 47 г/м², живая часть — 101 г/м², подстилка — отсутствовала. Соотношение надземной и подземной фитомассы — от 0,03 до 0,12.

На контрольных участках (МП-9, МП-10) все показатели фитомассы в 2012 г. были существенно выше, чем на опытных площадях, среднее значение подземной части составляло 2241 г/м², надземной — 1242 г/м², в ее структуре — мортмасса — 382 г/м², живая часть — 450 г/м². Соотношение подземной и надземной частей составляло 0,77 и 0,37 соответственно.

В 2013 г. по сравнению с 2012 г. по всем мониторинговым площадям наблюдается существенное увеличение надземной части — в 1,3–4,0 раза. Исключение составляют контрольные варианты (МП-9 и МП-10), где увеличение не отмечается. Наибольшее увеличение отмечено в верхней части юго-западного макросклона (МП-3 и МП-7), главным образом за счет зеленой фитомассы, количество которой возросло в 4–5 раз. На участках северо-восточного макросклона (МП-1, 2, 4, 6 и 8) и нижней части юго-западного макросклона (МП-3 и МП-7) увеличение надземной части связано с повышением в ее структуре мортмассы, величина которой в 2013 г. по сравнению с 2012 г. увеличилась в 3,7–9,6 раза.

В 2013 г. на участках северо-восточного и нижней части юго-западного макросклона средняя подземная фитомасса составила 2106 г/м², надземная фитомасса — 602, мортмасса — 162, живая часть — 441 г/м². Подстилка на МП-1, МП-2, МП-4, МП-0 отсутствовала. Максимальное количество надземной фитомассы отмечалось на МП-6 — 993 г/м², в ее структуре мортмассы 375 г/м² и

подстилки 142 г/м^2 . Соотношение надземной и подземной фитомассы составило 0,33.

На участках, расположенных в верхней части юго-западного макросклона, в 2013 г. достоверных различий по показателям фитомассы с прочими опытными участками не обнаружено, подстилка повсеместно отсутствовала.

В контрольных вариантах отмечалось существенно большее количество надземной массы — в среднем 939 г/м^2 и подстилки — 294 г/м^2 . По величине подземной части — 2327 г/м^2 , живой надземной фитомассы — 463 г/м^2 и мортмассы — 182 г/м^2 — достоверных различий между опытными участками не было. Среднее соотношение надземной и подземной фитомассы составило 0,4.

В 2014 г. снижение живой надземной фитомассы не наблюдается — различия с показателями предыдущего года не выходят за пределы статистической значимости. Исключение составляет МП-3, где наблюдается увеличение живой фитомассы на 88 %. Снижение мортмассы, накопленной после 2012 г., отмечается на многих участках — МП-1, МП-2, МП-4, МП-6, МП-7, МП-8 на 30–100 %, что привело к значительному снижению на данных участках общей надземной фитомассы по сравнению с 2013 г. На МП-3, МП-5 и контрольных МП-9 и МП-10 снижение мортмассы не отмечается.

Увеличение подземной фитомассы к 2014 г. произошло на МП-2 — в 1,8 раза и на МП-5 — в 1,4 раза, снижение зафиксировано на МП-6 — контрольной МП-9 — в 2,9 раза. На остальных участках существенных изменений не установлено.

По максимальной величине фитомассы в 2014 г. выделяется контрольная МП-10: подземная фитомасса составила 2171 г/м^2 , надземная часть — 1030, в том числе живая часть — 398, мортмасса — 262, подстилка — 369 г/м^2 . Последние два параметра постоянно увеличивались за годы проведения мониторинга. Сопоставимая величина надземной части отмечается на МП-3 — 897 г/м^2 и МП-6 — 993 г/м^2 . В первом случае в структуре надземной части выделяется высокая доля живой фитомассы — 790 г/м^2 , во втором — мортмассы — 256 г/м^2 и подстилки — 145 г/м^2 . Существенное снижение живой фитомассы произошло на МП-5 — она составила 289 г/м^2 .

Показатели фитомассы на остальных участках находятся в пределах доверительных интервалов средних величин: подземная часть — 2059 г/м^2 , надземная — 483, в том числе мортмасса — 63, живая часть — 428 г/м^2 , средние показатели подстилки недостоверны.

Общие показатели биомассы соответствуют условиям лесостепи и голаркти-

ческих лугов [Базилевич, Титлянова, 2008; Риклефс, 1979]. Особенности склонов заключаются в значительном превалировании подземной части растений над надземной. В среднем для северо-восточного склона отношение надземной части к подземной равно 0,28, а для юго-западных склонов — 0,21. Это более характерно для суходольных лугов и степей [Базилевич, 1993; Базилевич, Титлянова, 2008]. Безусловно, это соотношение в значительной мере изменилось, если бы на северо-восточном склоне учитывалась биомасса кустарников и редкостойных деревьев, но методически это не предусматривалось. В контроле отношение надземной и подземной частей равно 0,52, что соответствует луговому разнотравью [Юркевич, Ярошенко, 1974].

В структуре живой части выделяются хозяйственно-ботанические группы фи-

Таблица 15

Структура надземной фитомассы по годам, %

Год	Хозяйственно-ботанические группы		
	Злаки	Бобовые	Разнотравье
МП-1			
2012	57,3	1,8	41,0
2013	56,0	1,8	42,4
2014	45,7	4,7	49,7
МП-2			
2012	65,8	2,6	31,8
2013	55,4	6,7	38,0
2014	37,5	1,6	61,7
МП-3			
2012	48,8	0,3	51,2
2013	34,7	5,1	60,2
2014	18,7	1,1	80,2
МП-4			
2012	32,5	7,6	60,0
2013	50,8	12,6	36,7
2014	55,7	8,4	36,0

(окончание табл. 15)

Год	Хозяйственно-ботанические группы		
	Злаки	Бобовые	Разнотравье
МП-5			
2012	69,6	0,3	30,2
2013	66,1	1,6	32,5
2014	35,7	12,4	52,2
МП-6			
2012	23,4	1,8	74,9
2013	42,9	0,8	56,4
2014	34,9	0,8	64,4
МП-7			
2012	45,9	1,8	53,3
2013	42,8	6,5	50,9
2014	54,7	1,8	43,6
МП-8			
2012	38,6	3,6	58,0
2013	38,3	10,1	51,8
2014	41,4	9,3	49,6
МП-9			
2012	47,2	2,9	50,0
2013	42,2	12,2	45,7
2014	51,2	1,4	47,5
МП-10			
2012	63,2	3,5	33,3
2013	57,3	4,7	38,1
2014	68,6	0,8	30,7

томассы — злаки, бобовые и разнотравье, соотношение которых — важный показатель динамики развития сообщества [Титлянова, 1988]. Так, злаки и бобовые являются ценными в кормовом отношении видами, выпадение бобовых связано с изменением водного режима в сторону ксероморфизма, а высокая доля разнотравья — показатель деградации луговых сообществ.

По данным трехлетнего мониторинга, в структуре фитомассы травянистых фитоценозов Караканского хребта выделяется доля злаков и разнотравья, с преобладанием той или иной группы по участкам и годам, бобовые всегда в меньшинстве — их максимальная доля за все годы наблюдений составила 12,6 % (табл. 15).

Преобладание фитомассы злаков в среднем за три года отмечается на участках северо-восточного макросклона, за исключением МП-6: на МП-1 их доля составляет 53,0 %, на МП-2 — 52,9, МП-5 — 57,2 и контрольной МП-10 — 63,0 %.

Преобладание разнотравья отмечается на всех участках юго-западного макросклона: МП-3 — 63,8 %, МП-8 — 53,2 %, а также на МП-6 северо-восточного макросклона, которая представляет собой луг с элементами лесного высокотравья, — 65,2 %. На МП-4 и МП-7 юго-западного макросклона соотношение обеих групп одинаковое — 44–46 и 47–49 % соответственно.

Максимальная доля бобового компонента отмечена на МП-4 — в среднем за три года 9,3 %. Далее в порядке снижения массовой доли бобовых следуют МП-8 — 7,6 %, МП-9 — 5,5, МП-5 — 4,8, остальные — менее 3 %.

Изменения структуры травостоя по годам на МП-1, МП-6, МП-7, МП-8, МП-9 и МП-10 находятся в пределах доверительного интервала. На МП-2 наблюдается увеличение доли разнотравья с 31,8 в 2012 г. до 61,7 % в 2014 г., на МП-3 — соответственно с 51,2 до 80,2 % и на МП-5 — с 30,2 до 52,2 %. Увеличение доли злаков отмечено на МП-4 — с 32,5 до 55,7 %. Статистически достоверное увеличение доли бобового компонента отмечено на МП-5 — до 12,4 % в 2014 г.

Глава 8

ДИНАМИКА СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ

Растительное сообщество постоянно изменяется во времени, подстраивая свою структуру и функцию под изменения условий среды — суточные, сезонные, многогодичные. Суточные ритмы слабо воздействуют на большинство растительных сообществ. Сезонные проявления всегда происходят при смене времен года, а также в течение вегетационного периода. Многогодичные изменения (флуктуации) вызываются различными факторами (внешними и внутренними) [Миркин, Наумова, Соломещ, 2001]. Следовательно, динамика структурных показателей является одной из форм изменения растительных сообществ, включающая в себя необратимые или длительные циклические смены фитоценозов на одной и той же площади. Структурные показатели растительных сообществ зависят от климатических факторов [Онипченко, 2014], в частности, изменения светового и водного режимов [Горышина, 1979]; от антропогенных факторов, связанных с пожарами [Куприянов и др., 2003], химического загрязнения [Кулагин, 1974, Briske, 1996], сенокоса [Работнов, 1985], концентрации поллютантов [Кулагин, 1980]. Состав фитоценозов, расположенных в сфере влияния промышленных предприятий, может изменяться под действием однократных или периодических эмиссий веществ, загрязняющих атмосферу и почву [Норышева, Григорьев, 2008].

При этом в растительных сообществах реализуются различные механизмы устойчивости, которые выражаются в изменении габитуса растений, особенностях метаболизма, феноритмики, структуры ценопопуляций [Усманов и др., 2001].

Методика

На каждой мониторинговой площадке (МП) закладывались пять пробных площадей (ПП). ПП распределялись на МП методом конверта, площадь ПП составляла 1 м² (рис. 28). На каждой ПП проводилось флористическое описание с указанием общего проективного покрытия (ОПП), средней и максимальной высоты растений, количества особей каждого вида. Названия видов приводятся по сводке С.К. Черепанова [1995]. За счетную единицу брались у моноцентрических видов — особь, у полицентрических — метамерный побег [Ценопопуляции..., 1976, 1988]. Зарисовывалась горизонтальная проекция ПП, с обозначением места размещения каждого вида [Работнов, 1983; Онипченко, 2014].

Обработка флористических данных производилась в программе IBIS, разработанной А.А. Зверевым [1998, 2007]. Для выявления сходства МП провели их кластеризацию по методу анализа Брея—Кертиса. Сущность метода заключается в том, что сначала необходимо построить матрицу расстояний между отдельными описаниями; при этом можно использовать любую меру сходства или различия, от коэффициента Жаккара до Евклидова расстояния. Затем выбирают два самых различных сообщества (т. е. сообщества, между которыми коэффициент сходства K_s минимален). Если минимальное значение коэффициента достигается у нескольких пар сообществ, выбирается та пара, у которой минимальна сумма всех значений коэффициентов сходства с остальными описаниями. Эти сообщества определяют противоположные концевые точки первой оси. Координаты каждого описания относительно этой оси можно вычислить по теореме Пифагора [Новиковский, 2007].

Результаты исследований

На северо-восточном склоне размещены МП-1 и МП-2 (северного кластера); МП-5 и МП-6 (южного кластера). Преобладающая на мониторинговых площадках северо-восточного склона растительность — мезофильные лесные луга с элементами лесного высокотравья. Травостой густой, с доминированием лесных видов — *Pteridium aquilinum*, *Heracleum dissectum*, *Brachypodium pinnatum*, *Crepis sibirica*. Во втором и третьем ярусах весьма обильны *Pulmonaria mollis*, *Corydalis bracteata*, *Erythronium sibiricum*. По флористическому составу эти луга сходны с влажными (гигромезофитными) лесными сообществами, недавно описанными с территории Караканского хребта в качестве новой ассоциации (*Campanulo trache-*

lium — *Betuletum pendulae* Laschinsky et Makunina 2011), но отличаются полным отсутствием древесного яруса. Местами встречаются почти одновидовые заросли папоротника-орляка (*Pteridium aquilinum*). По всей видимости, эти высокотравные луга имеют в основном вторичное (послепожарное) происхождение.

На относительных понижениях в привершинной части хребта расположены небольшие участки высокотравий. Не исключено, что эти высокотравные сообщества связаны с локальными участками мощного зимнего снегонакопления и, таким образом, по своему происхождению могут считаться первичными. Вместе с тем, от своеобразных сообществ хионофильного высокотравья Караканского хребта (ассоциация *Brachypodio pinnati* — *Cacalietum hastatae* Laschinsky 2009) эти высокотравные сообщества отличаются незначительным участием в составе травостоя основного диагностического вида указанной ассоциации — *Cacalia hastata*, — и отсутствием другого диагностического вида — мужского папоротника (*Dryopteris filix-mas*).

На юго-западном склоне размещены МП-3 и МП-4 (северного кластера); МП-7 и МП-8 (южного кластера). По характеру растительности на юго-западном склоне уже визуальнo выделяются три полосы, от подножия к вершине — луговые степи, настоящие дерновинные степи и их петрофитные варианты. В нижней части более 30 % склона занимает кустарниковая (*Cotoneaster melanocarpa*, *Caragana frutex*, *Spiraea chamaedryfolia*) степь с участием лугово-степных видов *Adonis vernalis*, *Allium nutans*, *Festuca pseudovina*, *Dianthus versicolor*, *Galium verum*, *Fragaria viridis* и *Stipa pennata*. Эти сообщества относятся к ассоциации закустаренных луговых степей *Helictotricho desertorum* — *Cotoneasteretum melanocarpi* Laschinsky 1993, принадлежащих порядку *Stipetalia sibiricae* Arbuzova et Zhitl. ex Korolyuk et Makunina 2001 [Лашинский, 2011], который объединяет луговые и крупнодерновинные степи, а также их петрофитные варианты; его ареал охватывает лесостепные и степные ландшафты гумидных и семигумидных районов Алтае-Саянской горной области.

В верхней полосе склона сформирована настоящая дерновинная, с элементами петрофитной, степь. Травостой относительно равномерный, довольно разреженный (не более 60 %), высотой до 30 см. Доминируют дерновинные злаки, прежде всего ковыли (*Stipa pennata*, *S. capillata*, *S. dasiphylla*), а также тонконог (*Koeleria cristata*) и степные осоки — стоповидная (*Carex pediformis*) и приземистая (*Carex supina*). Из разнотравья обычны *Scabiosa ochroleuca*, *Galatella angustissima*, *Artemisia commutata*, *Dianthus versicolor*. В большом обилии

встречается *Astragalus ceratoides*, а из растений, включенных в Красную книгу Кемеровской области, — *Gypsophyla patrinii*. В небольшом обилии встречаются те же виды кустарников, что и в луговой степи. В связи с близким залеганием к поверхности камней (а местами — и выходом их на поверхность) в значительном обилии (особенно — в привершинной части склона) произрастают петрофитные горно-степные виды — *Alyssum obovatum*, *Sedum hybridum*, *Onosma simplicissima*, *Allium rubens*.

Контрольные площадки расположены в окрестностях с. Каралда — МП-9 и МП-10. Растительность представляет собой разнотравно-злаковые лесные луга (вероятно, ранее используемые как сенокос). Травостой довольно густой, высотой до 100 см и более. Доминируют лесные злаки — *Brachypodium pinnatum*, *Calamagrostis epigeios*, *Elymus mutabilis*. Широко представлены виды лесного разнотравья и высокотравья — *Angelica sylvestris*, *Bupleurum aureum*, *Crepis sibirica*, *Euphorbia lutescens*. В то же время в травостое присутствуют (хотя и не обильны) некоторые виды, более характерные для суходольных лугов, — *Astragalus danicus*, *Centaurea scabiosa*, *Filipendula vulgaris*, *Vicia cracca*, *Galium verum*. Отмечено также присутствие немногих гемерофильных видов, нередко являющихся «луговыми сорняками»: *Melandrium album*, *Pilosella lydiae*, *Cirsium setosum*.

По структуре травостоя и флористическому составу эти сообщества близки к гемибореальным (подтаежным) лесам, широко распространенным на Караканском хребте (ассоциация *Calamagrostio arundinacea — Betuletum pendulae* Дымина ex Ермаков 2000), но хорошо отличаются от последних полным отсутствием древесного яруса. По некоторым признакам они сближаются также с остепненными ежовыми лугами Обь-Томского междуречья (ассоциация *Filipendulo vulgaris — Brachypodietum pinnatae* Макунина et al. 2010). Очевидно, данные «луговины» имеют вторичное (послелесное) происхождение, а их существование поддерживается периодическим выкашиванием и, возможно, иногда случающимися здесь пожарами.

МП-1. Преобладающая растительность — мезофильные лесные луга с элементами лесного высокотравья. Травостой разнотравно-злаковый, большей частью двухъярусный. Верхний ярус образуют генеративные побеги злаков высотой 150—160 см. Средняя высота травянистого покрова 50—70 см. Общее проективное покрытие (ОПП) травянистого покрова около 100 %. Структурные параметры растительного покрова зависят от климатических условий вегетационного периода, лето 2012 г. было сухим и жарким (УП 12-1), показатели 2013 и 2014 гг. (УП 13-1

Таблица 16

Динамика структурных параметров растительного покрова МП-1
за 2012–2014 гг. (n=5)

Параметр	УП 12-1	УП 13-1	УП 14-1
Количество видов, шт.	15,6	21,4	21,2
Количество видов, тах, шт.	20	27	24
Количество видов, min, шт.	11	16	17
ОПП, %	85,0	100	98,2
ОПП тах, %	90	100	100
ОПП min, %	80	100	97
Высота травостоя, см	50,0	74,0	55,8
Высота травостоя тах, см	154	165	115
Количество рамет (гамет), шт./м ²	72,8	108,4	164,8

и УП 14-1) в общих чертах схожи (табл. 16). Травостой МП-1 густой, с доминированием лесных видов – *Brachypodium pinnatum* $31,3 \pm 11,08$ шт./м² (встречаемость V – 100 %), *Calamagrostis arundinacea* $10,3 \pm 2,16$ шт./м² (V – 100 %). Во втором и третьем ярусах весьма обильны *Galium boreale* $8,4 \pm 2,83$ шт./м² (V – 100 %), *Hieracium umbellatum* $5,4 \pm 0,61$ шт./м² (V – 86,7 %), *Ranunculus monophyllus* $11,5 \pm 5,64$ шт./м² (V – 53,3 %), *Rubus saxatilis* $4,5 \pm 1,50$ шт./м² (V – 80,0 %), *Sanguisorba officinalis* $4,5 \pm 2,97$ шт./м² (V – 53,3 %), *Trollius asiaticus* $6,2 \pm 1,62$ шт./м² (V – 100 %).

Встречаемость 80–100 % на пробных площадках имеют *Brachypodium pinnatum*, *Calamagrostis arundinacea*, *Galium boreale*, *Hieracium umbellatum*, *Rubus saxatilis*, *Trollius asiaticus*. Обычными видами (встречаемость выше 50 %) также являются *Ranunculus monophyllus*, *Sanguisorba officinalis*. Низкая встречаемость 20 % (отмечены в 1–3 пробах) на МП-1 у растений лесных полян и послелесных лугов – *Euphorbia lutescens*, *Heracleum dissectum*, *Lathyrus vernus*, *Pedicularis incarnata*, *Poa sibirica*, *Polygonatum odoratum*, *Lilium pilosiusculum*, видов суходольных лугов – *Filipendula vulgaris*, *Lupinaster pentaphyllus*, *Origanum vulgare*, *Phleum phleoides*, *Potentilla fragarioides* и редкого в области папоротника – *Botrychium lunaria*.

Антропогенное влияние умеренное – территория периодически подвергается весенним палам.

МП-2. Площадка представляет собой послелесный луг с наличием единичных деревьев березы с полнотой менее 0,2. Подрост березы отсутствует, что связано с частыми пожарами. Травостой разнотравно-злаковый двухъярусный, его верхний ярус составляют генеративные побеги злаков высотой 130–190 см. Годичная динамика структурных параметров растительных сообществ представлена в таблице 17. Травостой густой, проективное покрытие повсеместно выше 90 %. Доминантом является *Brachypodium pinnatum* $42,1 \pm 19,30$ шт./м² (V – 86,7 %), содоминантами этому виду выступают растения верхнего подъяруса *Pteridium aquilinum* $6,6 \pm 2,14$ шт./м² (V – 100 %), *Dactylis glomerata* $4,0 \pm 2,20$ шт./м² (V – 60,0 %) и виды второго подъяруса – *Galium boreale* $14,0 \pm 5,05$ шт./м² (V – 86,7 %), *Trollius asiaticus* $5,5 \pm 0,97$ шт./м² (V – 93,3 %), *Inula salicina* $4,7 \pm 0,98$ шт./м² (V – 86,7 %), *Sanguisorba officinalis* $3,7 \pm 1,14$ шт./м² (V – 80,0 %). Местами довольно многочисленна *Viola uniflora* $4,5 \pm 1,85$ шт./м² (V – 60,0 %). Изредка встречаются с проективным покрытием 1–3 % *Heracleum dissectum*, *Lathyrus gmelinii*, *Pleurospermum uralense*; во втором подъярусе – *Pulmonaria mollis*, *Polygonatum odoratum*.

В учеты на ПП в 2012 г. попал 31 вид, в более благоприятные по погодным условиям 2013–2014 гг. – 37 и 39 видов (Приложение 2). Встречаемость 100–80 % имеют 5 видов: *Brachypodium pinnatum*, *Pteridium aquilinum*, *Trollius asiaticus*, *Sanguisorba officinalis*, *Galium boreale*. Обычными на МП-2 являют-

Таблица 17

**Динамика структурных параметров растительного покрова МП-2
за 2012–2014 гг. (n=5)**

Параметр	УП 12-2	УП 13-2	УП 14-2
Количество видов, шт.	14,2	17,0	17,2
Количество видов, max, шт.	19	23	19
Количество видов, min, шт.	10	12	15
ОПП, %	90,0	99,6	98,4
ОПП max, %	100	100	100
ОПП min, %	80	98	98
Высота травостоя, см	55,0	65,4	54,0
Высота травостоя max, см	120	193	130
Количество рамет (гамет), шт./м ²	86,6	114,2	171,4

ся *Dactylis glomerata*, *Inula salicina*, *Ranunculus monophyllus*, *Viola uniflora*. Это лесные и луговые виды. Низкая встречаемость (20 %) у *Angelica sylvestris*, *Botrychium lunaria*, *Dactylorhiza incarnata*, *Filipendula ulmaria*, *Geranium bifolium*, *Helictotrichon pubescens*, *Campanula glomerata*, *Heracleum dissectum*, *Lilium pilosiusculum*, *Lathyrus vernus*, *Lupinaster pentaphyllus*, *Lathyrus tuberosus*, *Primula cortusoides*, *Ptarmica impatiens*, *Veratrum lobelianum*, *Vicia unijuga*, *Viola hirta* (всего 38 видов).

МП-3. Площадь представляет собой участок луговой степи. Травостой злаково-разнотравный двухъярусный, его верхний ярус высотой 100–140 см составляют *Peucedanum morisonii*, *Phlomidoides tuberosa*, *Artemisia gmelinii*. Средняя высота травостоя превышает 50 см. Проективное покрытие практически повсеместно выше 75 % (за исключением показателей 2012 г., который был аномально засушливым) (табл. 18). Доминантом является *Peucedanum morisonii* $1,8 \pm 0,42$ шт./м² (V – 80,0 %), содоминантами этому виду выступают на разных участках – *Stipa pennata* $3,4 \pm 0,81$ шт./м² (V – 60,0 %), *Festuca pseudovina* $2,0 \pm 0,31$ шт./м² (V – 53,3 %), *Artemisia gmelinii* $3,9 \pm 1,47$ шт./м² (V – 60,0 %), *Allium nutans* $6,7 \pm 3,1$ шт./м² (V – 60,0 %), *Galium verum* $2,7 \pm 1,37$ шт./м² (V – 53,3 %).

Таблица 18

**Динамика структурных параметров растительного покрова МП-3
за 2012–2014 гг. (n=5)**

Параметр	УП 12-3	УП 13-3	УП 14-3
Количество видов, шт.	9,8	17,5	16,8
Количество видов, max, шт.	13	21	20
Количество видов, min, шт.	6	11	14
ОПП, %	57,0	99,6	88,0
ОПП max, %	80	100	100
ОПП min, %	45	98	75
Высота травостоя, см	—	63,0	41,6
Высота травостоя max, см	—	140	150
Количество рамет (гамет), шт./м ²	49,8	130,0	100,8

Примечание. Прочерк – отсутствие данных.

В 2012 г. на пробных площадях найдено 26, в 2013–2014 – 48 и 50 видов соответственно (Приложение 2). Встречаемость 80–100 % имеют два вида: *Peucedanum morisonii*, *Artemisia gmelinii*. Обычными на МП-3 являются *Allium nutans* и *Phlomis tuberosa*. Высока доля видов с низкой встречаемостью 20 % и меньше – 52 вида, в их числе: *Artemisia latifolia*, *Delphinium retropilosum*, *Dianthus versicolor*, *Geranium bifolium*, *Lathyrus pratensis*, *Nepeta pannonica*, *Origanum vulgare*, *Pilosella echinoides*, *Potentilla longifolia*, *Pulsatilla patens*, *Ranunculus polyanthemos*.

Физиономическое сходство фитоценозов определяют сходное участие степных злаков и высокое ПП *Peucedanum morisonii* – от 2 до 9 % на пробной площади.

Антропогенное воздействие на растительный покров не выражено.

МП-4. Растительность – злаково-разнотравный остепненный луг, переходящий в верхней части в луговую степь. В синтаксономическом отношении эти сообщества относятся к ассоциации *Filipendulo vulgaris* – *Brachypodietum pinnatae* Makunina et al. 2010, объединяющей ежовые остепненные луга Обь-Томского междуречья.

Травостой густой (табл. 19), относительно равномерный, нечетко разделенный на два яруса. Верхний ярус формируют генеративные побеги злаков и горчичника *Peucedanum morisonii* $0,9 \pm 0,29$ шт./м² (V – 53,3 %). Основная доля травостоя размещена в высотном диапазоне 50–80 см. Доминируют лугово-степные – *Poa angustifolia* $15,5 \pm 2,37$ шт./м² (V – 60,0 %) и лесные злаки – *Brachypodium pinnatum* $30,6 \pm 15,92$ шт./м² (V – 93,3 %). Содоминантами выступают *Phlomis tuberosa* $2,9 \pm 0,29$ шт./м² (V – 93,3 %), *Filipendula ulmaria* $3,9 \pm 1,16$ шт./м² (V – 66,7 %), *Galium verum* $2,2 \pm 0,81$ шт./м² (V – 66,7 %), *Vicia nervata* $5,7 \pm 3,02$ шт./м² (V – 53,3 %). Характерно наличие в составе травостоя верхнего подъяруса отдельных экземпляров видов лесного высоко-травья – *Crepis sibirica* $0,7 \pm 0,07$ шт./м² (V – 46,7 %), *Euphorbia lutescens* $0,6 \pm 0,12$ шт./м² (V – 20,0 %). Нижний ярус составляют луговые, лугово-степные и лесные виды – *Rubus saxatilis* $2,5 \pm 0,87$ шт./м² (V – 53,3 %), *Sanguisorba officinalis* $2,5 \pm 0,58$ шт./м² (V – 53,3 %), *Thalictrum simplex* $1,9 \pm 0,59$ шт./м² (V – 60,0 %), *Polygonatum odoratum* $1,7 \pm 0,73$ шт./м² (V – 33,3 %), *Viola mirabilis* $0,5 \pm 0,37$ шт./м² (V – 13,3 %).

На МП-4 отмечено 28 видов сосудистых растений в 2012 г., 47 и 43 в 2013 и 2014 гг. соответственно (Приложение 2). Максимальную встречаемость (93,3 %) имеют два вида: *Brachypodium pinnatum*, *Phlomis tuberosa*. Обычными видами также являются *Filipendula ulmaria*, *Galium verum*, *Poa*

Таблица 19

**Динамика структурных параметров растительного покрова МП-4
за 2012–2014 гг. (n=5)**

Параметр	УП 12-4	УП 13-4	УП 14-4
Количество видов, шт.	13,2	17,6	18,8
Количество видов, max, шт.	16	23	21
Количество видов, min, шт.	11	13	16
ОПП, %	84,0	100	99,8
ОПП max, %	100	100	100
ОПП min, %	60	100	99
Высота травостоя, см	—	79,4	45,6
Высота травостоя max, см	—	180	120
Количество рамет (гамет), шт./м ²	58,2	135,6	155,4

angustifolia, *Vicia nervata*. Значительная часть (40 видов) имеет встречаемость 20 % и менее — *Achillea asiatica*, *Adenophora liliifolia*, *Adonis vernalis*, *Galatella biflora*, *Geranium bifolium*, *Hieracium umbellatum*, *Iris ruthenica*, *Lathyrus pisiformis*, *Lathyrus tuberosus*, *Lilium pilosiusculum*, *Myosotis imitata*, *Scrophularia nodosa*, *Seseli libanotis*, *Silene repens*, *Thalictrum foetidum*, *Trommsdorffia maculata*, *Veratrum lobelianum*, *Viola arenaria*.

Внешний вид сообществ определяют корневищные злаки *Brachypodium pinnatum*, *Calamagrostis arundinacea*, виды разнотравья *Galium boreale*, *Phlomis tuberosa*, *Vicia nervata*.

Антропогенное воздействие на растительный покров выражено слабо. Нижняя часть склона используется местным населением для сбора клубники. Близко расположенная дорога — потенциальный источник заноса сорных и сорно-луговых видов растений (*Cirsium setosum*, *Taraxacum officinale*).

МП-5. По характеру растительности площадка представляет собой луг на опушке березового леса, периодически используемый в качестве сенокоса. Формально эти сообщества можно отнести к ассоциации *Filipendulo vulgaris* — *Dactyletum glomeratae* Dymina 1989 — остепненные луга регулярного антропогенного использования. Травостой относительно густой (табл. 20). Травянистый покров имеет два яруса, верхний сложен генеративными побегами злаков, максимальное проективное покрытие образует разнотравье на высоте около

50 см. В травостое доминируют обычные луговые виды: злаки — *Poa angustifolia* $42,0 \pm 14,14$ шт./м² (V — 93,3 %), *Festuca pratensis* $15,0 \pm 3,45$ шт./м² (V — 93,3 %), *Dactylis glomerata* $11,3 \pm 0,68$ шт./м² (V — 93,3 %), регулярно встречается *Phleum pratense* $4,4 \pm 1,50$ шт./м² (V — 66,7 %). В качестве содоминантов выступают виды разнотравья — *Achillea asiatica* $9,7 \pm 5,16$ шт./м² (V — 86,7 %), *Leucanthemum vulgare* $6,4 \pm 2,40$ шт./м² (V — 66,7 %), *Veronica chamaedrys* $7,6 \pm 1,64$ шт./м² (V — 86,7 %); бобовые — *Trifolium pratense* $8,9 \pm 2,36$ шт./м² (V — 66,7 %). В местах с нарушенным почвенным покровом произрастают «луговые сорняки»: *Pimpinella saxifraga* $35,9 \pm 6,25$ шт./м² (V — 100 %), *Rhinanthus vernalis* $10,1 \pm 6,96$ шт./м² (V — 53,3 %), *Prunella vulgaris* $14,7 \pm 8,10$ шт./м² (V — 73,3 %), *Stellaria graminea* $6,7 \pm 3,71$ шт./м² (V — 66,7 %), *Taraxacum officinale* $15,3 \pm 2,73$ шт./м² (V — 80,0 %).

На ПП в 2012 г. зарегистрировано 33 вида сосудистых растений, в последующие два года 39 и 41 вид (Приложение 2). Обычными видами на МП-5 являются 12: луговые — *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Phleum pratense*, *Achillea asiatica*, *Veronica chamaedrys*; сорно-луговые — *Plantago media*, *Prunella vulgaris*, *Trifolium pratense*, *Taraxacum officinale*, *Leucanthemum vulgare*. Наиболее активны на МП мезоксерофиты *Pimpinella saxifraga* и *Poa angustifolia*, для которых, помимо высокой встречаемости, характерны высокие показатели численности. Встречаемость 20 % и менее имеют 37 видов — *Agrimonia pilosa*,

Таблица 20

**Динамика структурных параметров растительного покрова МП-5
за 2012–2014 гг. (n=5)**

Параметр	УП 12-5	УП 13-5	УП 14-5
Количество видов, шт.	14,6	20,6	20,6
Количество видов, тах, шт.	18	21	24
Количество видов, min, шт.	10	20	16
ОПП, %	74,0	77,0	95,0
ОПП тах, %	90	85	100
ОПП min, %	40	60	95
Высота травостоя, см	—	51,6	34,4
Высота травостоя тах, см	—	150	127
Количество рамет (гамет), шт./м ²	129,0	227,6	341,8

Amoria hybrida, *Angelica sylvestris*, *Bistorta officinalis*, *Carum carvi*, *Centaurea scabiosa*, *Crepis tectorum*, *Geum aleppicum*, *Hemerocallis minor*, *Inula salicina*, *Melandrium album*, *Omalotheca sylvatica*, *Pilosella lydiae*, *Potentilla argentea*, *Rhinanthus vernalis*, *Tussilago farfara*, *Vicia cracca*, *Vicia sylvatica*, *Viola arvensis*.

Физиономическое сходство пробных площадок определяют луговые злаки *Poa angustifolia*, *Festuca pratensis*, *Dactylis glomerata* и сорно-луговые виды *Pimpinella saxifraga*, *Taraxacum officinale*, *Galium mollugo*.

Антропогенная трансформация флоры и растительности этого лугового участка значительна. Территория регулярно использовалась в качестве сенокоса. Во флористическом составе сорные и сорно-луговые растения составляют около 50 %.

МП-6 расположена на 2-м кластерном участке, в верхней части северо-восточного склона, крутизной до 15°.

Преобладающая растительность — мезофильные лесные луга с элементами лесного высокотравья. Травостой густой — ОПП 80–100 % (табл. 21), с доминированием (на разных участках) лесных видов — *Pteridium aquilinum* $9,3 \pm 0,87$ шт./м² (V — 80,0 %), *Brachypodium pinnatum* $24,7 \pm 14,54$ шт./м² (V — 66,7 %), *Calamagrostis arundinacea* $6,0 \pm 3,59$ шт./м² (V — 40,0 %). На небольших по площади возвышенных участках развиты луговые сообщества с заметной долей в травостое луговых видов — *Calamagrostis epigeios* $20,0 \pm 10,14$ шт./м² (V — 46,7 %). Выражены три травянистых яруса: верхний составляют, помимо генеративных побегов злаков, *Aconitum septentrionale* $1,1 \pm 0,35$ шт./м² (V — 53,3 %), *Bupleurum aureum* $2,5 \pm 0,85$ шт./м² (V — 53,3 %), *Filipendula ulmaria* $1,5 \pm 0,58$ шт./м² (V — 60,0 %), ± шт./м²; в среднем ярусе *Galium boreale* $8,4 \pm 4,51$ шт./м² (V — 66,7 %), *Thalictrum minus* $2,6 \pm 0,61$ шт./м² (V — 53,3 %), *Trollius asiaticus* $2,1 \pm 0,07$ шт./м² (V — 33,3 %); нижний образуют *Rubus saxatilis* $5,9 \pm 1,16$ шт./м² (V — 66,7 %), местами *Viola uniflora* $31,0 \pm 23,54$ шт./м² (V — 66,7 %).

Всего на ПП зарегистрированы в 2012 г. — 34, в последующие два года наблюдений 37 и 32 вида сосудистых растений. Обычны (встречаемость выше 50 %) на МП-6 являются 5 видов лесов и лесных полей — *Pteridium aquilinum*, *Brachypodium pinnatum*, *Galium boreale*, *Rubus saxatilis*, *Viola uniflora*. Встречаемость ниже 20 % имеют 43 вида, в их числе: *Aconitum volubile*, *Adenophora liliifolia*, *Artemisia macrantha*, *Cacalia hastata*, *Carex macroura*, *Cerastium davuricum*, *Chamaenerion angustifolium*, *Conium maculatum*, *Cuscuta*

europaea, *Geranium sylvaticum*, *Ligularia glauca*, *Polemonium caeruleum*, *Stellaria bungeana*, *Veratrum nigrum*, *Viola hirta*. Численность максимальная у *Brachypodium pinnatum* и *Viola uniflora* (Приложение 2).

Аспект растительности определяют высокотравные виды лесных полян — *Pteridium aquilinum* (который имеет на отдельных площадках покрытие 10–20 %), *Aconitum septentrionale*, *Bupleurum aureum*.

По соотношению эколого-ценотических групп абсолютно преобладают лесные виды (26 видов); доля луговых растений заметно ниже — 9 видов; к собственно сорным на этой территории можно отнести адвентивный вид *Conium maculatum*.

Антропогенное влияние проявляется в регулярных весенних палах, степень влияния на флористический состав незначительная.

МП-7. По характеру растительности площадка представляет собой в нижней части закустаренную луговую степь, переходящую в привершинной части в настоящую перистоковыльную (местами — каменистую) степь. Травостой в полосе луговой степи неравномерный, с доминированием ковыля *Stipa pennata*, изредка встречается и *Stipa dasyphylla*.

Общее проективное покрытие травостоя на МП-7 около 60–80 %. Максимальная высота травостоя 80–130 см, средняя — около 70 см. Динамика структуры растительного покрова за 2012–2014 гг. показана в таблице 22. Покрытие кустарникового яруса 0,2–0,3 %, высота до 40 см, образован в основном кизиль-

Таблица 21

**Динамика структурных параметров растительного покрова МП-6
за 2012 – 2014 гг. (n=5)**

Параметр	УП 12-6	УП 13-6	УП 14-6
Количество видов, шт.	11,8	13,0	14,2
Количество видов, max, шт.	18	20	20
Количество видов, min, шт.	8	9	10
ОПП, %	96,0	94,2	99,6
ОПП max, %	100	100	100
ОПП min, %	80	80	98
Высота травостоя, см	—	100,0	85,8
Высота травостоя max, см	—	250	160
Количество рамет (гамет), шт./м ²	64,4	102,4	225,0

ником — *Cotoneaster melanocarpus* $2,7 \pm 1,46$ шт./м² (V — 46,7 %), местами с небольшой примесью *Spiraea chamaedryfolia*.

В полосе настоящей перистоковыльной степи травостой довольно разреженный — 35–60 %, его максимальная высота 75 см, средняя около 30–40 см. Доминируют *Stipa pennata* $11,4 \pm 4,96$ шт./м² (V — 80,0 %), *Carex supina* $19,0 \pm 2,57$ шт./м² (V — 73,3 %). Значительна доля участия в сложении растительного покрова МП-7 *Poa angustifolia* $21,2 \pm 14,54$ шт./м² (V — 46,7 %), *Festuca pseudovina* $4,5 \pm 2,01$ шт./м² (V — 40,0 %) и видов разнотравья — *Peucedanum morisonii* $1,8 \pm 0,76$ шт./м² (V — 53,3 %), *Fragaria viridis* $8,5 \pm 2,76$ шт./м² (V — 46,7 %), местами *Artemisia latifolia* $8,0 \pm 3,45$ шт./м² (V — 53,3 %), *Pulsatilla patens* $2,5 \pm 0,55$ шт./м² (V — 80,0 %), *Sedum hybridum* $15,9 \pm 12,52$ шт./м² (V — 33,3 %).

На пяти пробных площадках в 2012 г. зарегистрированы 32 растения, в последующие два года наблюдений 50 и 36 видов сосудистых растений (Приложение 2). Обычными видами (встречаемость выше 50 %) на территории МП-7 являются типичные представители лугово-степных и степных сообществ: *Carex supina*, *Pulsatilla patens*, *Stipa pennata*. Максимальные показатели относительной численности у *Poa angustifolia* — количество рамет этого вида в разные годы от $14,6 \pm 6,20$ до $49,0 \pm 20,00$ шт./м². Далее группу активных видов продолжают *Carex supina* — $23,0 \pm 8,98$ (в самый благоприятный для вида 2014 г.), *Fragaria*

Таблица 22

**Динамика структурных параметров растительного покрова МП-7
за 2012 –2014 гг. (n=5)**

Параметр	УП 12-7	УП 13-7	УП 14-7
Количество видов, шт.	11,8	13,0	14,2
Количество видов, тах, шт.	18	20	20
Количество видов, min, шт.	8	9	10
ОПП, %	96,0	94,2	99,6
ОПП тах, %	100	100	100
ОПП min, %	80	80	98
Высота травостоя, см	—	100,0	85,8
Высота травостоя тах, см	—	250	160
Количество рамет (гамет), шт./м ²	64,4	102,4	225,0

viridis – $14,0 \pm 6,04$ (2013), *Artemisia latifolia* – $13,0 \pm 5,45$ (2012), *Lathyrus humilis* – $6,6 \pm 2,83$ (2013), *Stipa pennata* – $21,2 \pm 10,33$ (2014).

Внешний вид сообществ определяют *Artemisia latifolia*, *Stipa pennata*, *Carex supina*, *Poa angustifolia* (проективное покрытие до 20 %).

На участках отмечено 39 видов с встречаемостью 20 % и меньше: *Astragalus ceratoides*, *Brachypodium pinnatum*, *Calamagrostis epigeios*, *Campanula altaica*, *Cerastium arvense*, *Cotoneaster melanocarpus*, *Dianthus versicolor*, *Dracocephalum ruyschiana*, *Euphorbia subcordata*, *Hieracium virosum*, *Koeleria cristata*, *Onobrychis arenaria*, *Onosma simplicissima*, *Oxytropis campanulata*, *Scorzonera austriaca*, *Silene repens*.

Антропогенное влияние незначительное. Синантропные и адвентивные (чужеродные) растения не выявлены. Участок может рассматриваться как один из эталонных для сохранения степной флоры и растительности Караканского хребта.

МП-8 расположена на 2-м кластере, в нижней выположенной части юго-западного склона.

Растительность представлена суходольными лугами (с элементами лесного высокотравья), переходящими в верхней части мониторинговой площади в луговую степь.

Травянистый покров довольно густой, высота от 20 до 130 см (табл. 23). В вертикальной структуре травостоя можно выделить 2–3 яруса. В верхнем ярусе доминируют луговые – *Calamagrostis epigeios* $15,7 \pm 8,13$ шт./м² (V – 46,7 %), *Dactylis glomerata* $10,0 \pm 5,79$ шт./м² (V – 80,0 %), *Poa angustifolia* $17,5 \pm 8,16$ шт./м² (V – 60,0 %) и местами лесные злаки – *Brachypodium pinnatum* $10,7 \pm 5,82$ шт./м² (V – 20,0 %). Содоминантами выступают виды лугово-степного и лугово-лесного разнотравья – *Centaurea scabiosa* $1,9 \pm 0,59$ шт./м² (V – 53,3 %), *Seseli libanotis* $1,9 \pm 0,29$ шт./м² (V – 46,7 %), *Festuca pratensis* $4,4 \pm 2,14$ шт./м² (V – 40,0 %). Характерно наличие в составе травостоя отдельных экземпляров видов лесного высокотравья – *Crepis sibirica* $0,8 \pm 0,23$ шт./м² (V – 33,3 %). Основная масса травостоя расположена в среднем подъярусе, который сложен преимущественно разнотравьем из лесолуговых и лугово-степных видов – *Filipendula ulmaria* $2,5 \pm 1,47$ шт./м² (V – 53,3 %), *Galium boreale* $6,2 \pm 3,52$ шт./м² (V – 46,7 %), *Hieracium umbellatum* $3,3 \pm 2,76$ шт./м² (V – 33,3 %), *Pimpinella saxifraga* $5,2 \pm 0,90$ шт./м² (V – 46,7 %), *Achillea asiatica* $2,0 \pm 0,31$ шт./м² (V – 46,7 %), *Lathyrus tuberosus* $12,0 \pm 8,10$ шт./м² (V – 53,3 %), *Lupinaster pentaphyllus* $1,4 \pm 0,92$ шт./м² (V – 33,3 %), *Phlomis tuberosa* $1,7 \pm 0,66$ шт./м² (V – 46,7 %), *Thalictrum*

simplex $1,6 \pm 0,46$ шт./м² (V – 60,0 %), *Vicia unijuga* $2,9 \pm 1,00$ шт./м² (V – 73,3 %), а также вегетативными побегами злаков. Нижний подъярус (высотой около 25 см) образован *Fragaria viridis* $33,8 \pm 9,67$ шт./м² (V – 80,0 %), *Rubus saxatilis* $4,2 \pm 1,75$ шт./м² (V – 33,3 %), *Taraxacum officinale* $2,4 \pm 1,04$ шт./м² (V – 46,7 %).

На ПП в 2012 г. зарегистрированы 52, в 2013 и 2014 – 51 и 50 видов соответственно. Встречаемость выше 50 % имеют 6 видов: *Fragaria viridis*, *Lathyrus pisiformis*, *Lathyrus tuberosus*, *Poa angustifolia*, *Dactylis glomerata*, *Vicia unijuga*. Случайных видов, встречаемость которых на МП-8 не превышает 20 %, – 52, в их числе *Artemisia macrantha*, *Crepis sibirica*, *Dracocephalum ruyschiana*, *Erigeron acris*, *Euphorbia virgata*, *Ligularia glauca*, *Lilium pilosiusculum*, *Medicago falcata*, *Onobrychis arenaria*, *Peucedanum morisonii*, *Plantago lanceolata*, *Polygonatum odoratum*, *Potentilla argentea*, *Ptarmica impatiens*, *Pulmonaria mollis*, *Rhinanthus vernalis*, *Solidago virgaurea*, *Sonchus arvensis*, *Trommsdorffia maculata*, *Veronica krylovii*, *Vicia cracca*, *Viola arenaria*. По численности побегов на учетную площадь лидируют *Fragaria viridis* от $16,6 \pm 9,95$ до $50,0 \pm 19,22$ шт./м² (в 2012 и 2014 году соответственно), *Poa angustifolia* от $5,4 \pm 3,89$ до $33,0 \pm 20,61$. Высокая численность у *Lathyrus tuberosus* $27,4 \pm 17,40$ (в максималь-

Таблица 23

**Динамика структурных параметров растительного покрова МП-8
за 2012–2014 гг. (n=5)**

Параметр	УП 12-8	УП 13-8	УП 14-8
Количество видов, шт.	21,2	19,6	19,0
Количество видов, тах, шт.	23	24	23
Количество видов, min, шт.	19	14	13
ОПП, %	91,0	92,8	94,2
ОПП тах, %	100	100	100
ОПП min, %	85	75	75
Высота травостоя, см	–	56,0	36,4
Высота травостоя тах, см	–	130	120
Количество рамет (гамет), шт./м ²	107,0	195,0	274,8

но благоприятном для вида 2014 г.), *Calamagrostis epigeios* $21,8 \pm 10,91$ (2013), *Brachypodium pinnatum* $20,0 \pm 19,96$ шт./м² (2014). Внешний вид учетных площадок определяют *Poa angustifolia*, *Dactylis glomerata*, *Calamagrostis epigeios* (проективное покрытие на отдельных площадках до 30 %), *Fragaria viridis*.

Антропогенная трансформация участка умеренная. Используется для сбора клубники.

МП-9 (контроль). Преобладающая растительность — разнотравно-злаковый послелесный луг. Травостой густой — ОПП выше 90 %, большей частью двухъярусный. Высота максимальная до 190 см, основу проективного покрытия составляют растения высотой 80–90 см. Динамика основных структурных показателей МП-9 за три года отражена в таблице 24. Доминируют лесные и луговые злаки — *Brachypodium pinnatum* $28,7 \pm 18,71$ шт./м² (V — 66,7 %), *Calamagrostis epigeios* $16,5 \pm 4,71$ шт./м² (V — 73,3 %), *Dactylis glomerata* $6,5 \pm 6,54$ шт./м² (V — 26,7 %). Довольно многочисленны виды лесного высокотравья и разнотравья — *Crepis sibirica* $0,7 \pm 0,47$ шт./м² (V — 26,7 %), *Chamaenerion angustifolium* $3,1 \pm 1,75$ шт./м² (V — 40,0 %), *Galium boreale* $17,0 \pm 10,20$ шт./м² (V — 86,7 %), *Rubus saxatilis* $5,2 \pm 4,31$ шт./м² (V — 46,7 %), *Viola uniflora* $2,9 \pm 2,57$ шт./м² (V — 26,7 %). Луговое разнотравье представлено — *Sanguisorba officinalis* $8,9 \pm 2,71$ шт./м² (V — 14 %), *Inula salicina* $5,0 \pm 1,29$ шт./м² (V — 66,7 %). В травостое, наряду с луговыми и лесными видами, довольно заметно участие лугово-степных растений: в верхнем ярусе это *Peucedanum morisonii* $1,1 \pm 9,24$ шт./м² (V — 66,7 %), *Phlomis tuberosa* $2,0 \pm 0,42$ шт./м² (V — 86,7 %). Помимо травянистых растений, на площадке присутствует небольшая группа средневозрастных берез (*Betula pendula*); также отмечена поросль осины (*Populus tremula*). Из кустарников — лишь шиповник майский (*Rosa majalis*), произрастающий преимущественно в средней части склона.

На пяти пробных площадках в 2012 г. зафиксирован 31 вид, в два следующих года по 40 на каждой (Приложение 2). Высокая встречаемость (80 % и выше) у 4 видов: *Calamagrostis epigeios*, *Sanguisorba officinalis*, *Galium boreale*, *Phlomis tuberosa*. Обычными видами (встречаемость выше 50 %) на МП-9 также являются *Brachypodium pinnatum*, *Cirsium setosum*, *Inula salicina*, *Peucedanum morisonii*. Встречаемость 20 % и ниже у 44 видов, в их числе *Adenophora liliifolia*, *Allium obliquum*, *Artemisia vulgaris*, *Cirsium vulgare*, *Delphinium retropilosum*, *Equisetum sylvaticum*, *Filipendula vulgaris*,

Таблица 24

Динамика структурных параметров растительного покрова МП-9
за 2012 – 2014 гг. ($n=5$)

Параметр	УП 12-9	УП 13-9	УП 14-9
Количество видов, шт.	13,8	17,0	17,2
Количество видов, тах, шт.	16	23	23
Количество видов, min, шт.	12	11	10
ОПП, %	96,0	92,0	100
ОПП тах, %	100	100	100
ОПП min, %	90	93	100
Высота травостоя, см	—	69,6	69,0
Высота травостоя тах, см	—	190	175
Количество рамет (гамет), шт./м ²	53,4	125,6	204,6

Galatella biflora, *Galium verum*, *Hemerocallis minor*, *Myosotis palustris*, *Origanum vulgare*, *Ptarmica impatiens*, *Pulmonaria mollis*, *Serratula coronata*, *Trommsdorffia maculata*, *Veratrum lobelianum*, *Veronica chamaedrys*, *Viola mirabilis*. Высокая численность у *Calamagrostis epigeios* $23,2 \pm 6,37$ (в наиболее благоприятный для вида 2013 г.), *Sanguisorba officinalis* $13,0 \pm 2,96$ (2014), *Brachypodium pinnatum* $65,8 \pm 10,60$ (2014), *Galium boreale* $36,6 \pm 14,32$ (2014), *Rubus saxatilis* $13,8 \pm 5,37$ (2013), *Carex praecox* $27,0 \pm 10,40$ (2013), *Inula salicina* $7,0 \pm 2,12$ (2013), *Vicia cracca* $6,4 \pm 2,16$ шт./м² (2013).

Аспект учетных площадок определяют *Sanguisorba officinalis* (до 5 % проективного покрытия на площадке), *Inula salicina*, *Calamagrostis epigeios* (5–7 %), *Brachypodium pinnatum*, *Galium boreale*.

Антропогенная нагрузка на растительный покров этой территории небольшая. Участок периодически используется в качестве сенокоса.

МП-10 (контроль). Растительность представляет собой разнотравно-злаковый лесной луг (вероятно, используемый как сенокос). Травостой довольно густой — ОПП повсеместно выше 75 % (табл. 25). Выражены два яруса: верхний образуют генеративные побеги злаков, нижний — злаки и разнотравье. Основная доля проективного покрытия приходится на ярус высотой 60 см. Доминируют лесные злаки *Brachypodium pinnatum* $44,9 \pm 12,71$ шт./м² (V — 100 %), *Calamagrostis purpurea* $5,8 \pm 3,24$ шт./м² (V — 26,7 %), *Calamagrostis*

arundinacea $3,1 \pm 3,14$ шт./м² (V – 26,7 %). Широко представлены виды лесного разнотравья – *Bupleurum aureum* $2,5 \pm 1,04$ шт./м² (V – 53,3 %), *Crepis sibirica* $1,1 \pm 0,55$ шт./м² (V – 46,7 %), *Trollius asiaticus* $4,5 \pm 1,46$ шт./м² (V – 80,0 %), *Galium boreale* $6,3 \pm 2,17$ шт./м² (V – 80,0 %), *Pulmonaria mollis* $1,7 \pm 0,24$ шт./м² (V – 66,7 %). В травостое присутствуют луговые виды – *Dactylis glomerata* $7,0 \pm 3,91$ шт./м² (V – 80,0 %), *Filipendula ulmaria* $2,3 \pm 0,75$ шт./м² (V – 66,7 %), *Geranium pseudosibiricum* $2,7 \pm 1,84$ шт./м² (V – 53,3 %), *Lathyrus pratensis* $1,7 \pm 0,29$ шт./м² (V – 60,0 %), *Bistorta officinalis* $3,5 \pm 1,85$ шт./м² (V – 73,3 %), *Cirsium setosum* $1,5 \pm 0,33$ шт./м² (V – 80,0 %), *Sanguisorba officinalis* $4,5 \pm 1,19$ шт./м² (V – 86,7 %).

На пяти пробных площадях в 2012 г. отмечено 39 видов, в 2013 и 2014 годах по 42 вида соответственно (Приложение 2). Наиболее встречаемыми видами (V ≥ 50 %) являются 12: *Bistorta officinalis*, *Brachypodium pinnatum*, *Bupleurum aureum*, *Cirsium setosum*, *Dactylis glomerata*, *Filipendula ulmaria*, *Galium boreale*, *Geranium pseudosibiricum*, *Lathyrus pratensis*, *Pulmonaria mollis*, *Sanguisorba officinalis*, *Trollius asiaticus*. Случайными видами (V ≤ 20 %) являются 39, в том числе – *Campanula altaica*, *Carex macroura*, *Chamaenerion angustifolium*, *Dianthus superbus*, *Galium verum*, *Iris ruthenica*, *Lathyrus gmelinii*, *Ligularia glauca*, *Lupinaster pentaphyllus*, *Myosotis palustris*, *Origanum vulgare*, *Phlomis tuberosa*, *Poa sibirica*, *Polemonium caeruleum*, *Polygonatum*

Таблица 25

**Динамика структурных параметров растительного покрова МП-10
за 2012–2014 гг. (n=5)**

Параметр	УП 12-10	УП 13-10	УП 14-10
Количество видов, шт.	16,8	18,8	18,2
Количество видов, пах, шт.	19	24	25
Количество видов, мин, шт.	14	15	17
ОПП, %	99,0	89,4	99,6
ОПП пах, %	100	100	100
ОПП мин, %	95	75	98
Высота травостоя, см	—	79,0	57,6
Высота травостоя пах, см	—	180	140
Количество рамет (гамет), шт./м ²	83,0	135,0	156,2

odoratum, *Stellaria graminea*, *Trommsdorffia maculata*, *Veronica chamaedrys*, *Viola canina*. Высокая численность на ПП характерна для *Brachypodium pinnatum* $69,4 \pm 13,33$ шт./м² (в наиболее благоприятном для вида 2013 г.), *Dactylis glomerata* $14,8 \pm 4,77$ (2013), *Calamagrostis purpurea* $11,6 \pm 13,26$ (2013), *Galium boreale* $10,6 \pm 4,19$ шт./м² (2013), *Carex praecox* $10,0 \pm 9,07$ (2013). Данные о средней численности видов на МП представлены в Приложении 2.

Внешний облик учетных площадок определяют *Bistorta officinalis*, *Lathyrus pratensis*, *Brachypodium pinnatum*, *Galium boreale*, *Dactylis glomerata*, *Calamagrostis epigeios*, *Calamagrostis purpurea*.

Растительный покров характерен для лесных полян и опушек. Антропогенное влияние выражается в использовании территории в качестве сенокоса. Антропогенная трансформация растительного покрова этого участка умеренная.

За три года наблюдений (2012–2014) на десяти МП по оценке динамики параметров растительного покрова (их общая площадь 150 м²) был выявлен 221 вид высших сосудистых растений. Минимальные показатели видового богатства отличают аномально засушливый 2012 г., разница с другими годами наблюдений 20 и 30 видов соответственно (Приложение 1).

Видовое богатство МП северного кластера — 136, МП южного кластера — 170, МП контроля — 81 вид. Данные 2012–2014 гг. показывают изменение структурных параметров растительного покрова УП в зависимости от климатических условий (см. табл. 16–26). Показатели 2013 и 2014 гг. относительно благоприятных по климатическим показателям годов сходны между собой на всех МП и заметно отличаются от таковых в засушливом 2012 г. Особенно хорошо видна разница между 2012 и двумя последующими годами в степных сообществах МП-3 и МП-7 — количество видов на пробных площадях различается в 1,2–2 раза, показатели ОПП на 20–40 %, высота травостоя на 10 см, численность особей в два раза и более. Наименее выражены различия по годам на МП-6, расположенной в верхней части северо-восточного склона, где в результате снежных забоев долго держится снежный покров, способствуя развитию высокотравных сообществ; здесь общее количество видов на пробных площадях невысоко и очень мало меняется по годам, ОПП высокое во все годы наблюдения (колебания менее 5 %), высота травянистого яруса меняется незначительно, однако количество особей на пробных площадях в благоприятные годы возрастает в два раза и более. Достаточно стабильны по годам показатели УП в контрольных участках (МП-9 и МП-10): количество видов на конкретных пробных площадях, ОПП и высота растений мало зависят от условий года, а количество особей увеличивается в 1,5–2 раза. В луговых сообществах наиболее серьезным изменениям также подвержены

показатели численности — они различаются в 0,2–0,3 раза, показатели ОПП различаются максимум на 10 %, высоты на 10–15 см.

Кластерный анализ позволяет зафиксировать зависимость видового состава МП от положения в рельефе (главным образом от экспозиции склона) и погодных условий. Дендрограмма сходства флористических списков МП северного кластерного участка демонстрирует обособленное положение МП-3 (рис. 29). Этот участок находится в средней части юго-западного склона, здесь обитают сообщества степных ксерофитов и мезоксерофитов, видовой состав которых мало зависит от колебания погодных условий по годам.

Ближие по составу сообщества послелесных лугов обитают на МП-1 и МП-2, расположенных на северо-восточном склоне, их флористический состав подвержен годичным климатическим флуктуациям, что демонстрируют связки УП 12-1 — УП 12-2 и УП 13-1 — УП 13-2 (рис. 29).

МП-4 размещена в нижней части юго-западного склона, видовой состав развитых здесь остепненных лугов подвержен значительным колебаниям под влиянием погодных условий. В наиболее благоприятный по погодным условиям 2014 год УП 14-4 демонстрирует (за счет роста доли участия растений лесных и послелесных лугов) высокий уровень флористического сходства с УП 14-1 и УП 14-2. Помимо всего прочего, рис. 28 демонстрирует переходный характер мезофитных луговых сообществ (МП-1, 2 и 4) к мезоксерофитным (МП-3) и невысокий уровень сходства пробных площадей за счет большого числа случайных видов (встречаемость которых на МП не превышает 20 %).

Показатели сходства видового состава южного кластера демонстрирует дендрограмма (рис. 30). Просматривается довольно высокий уровень сходства

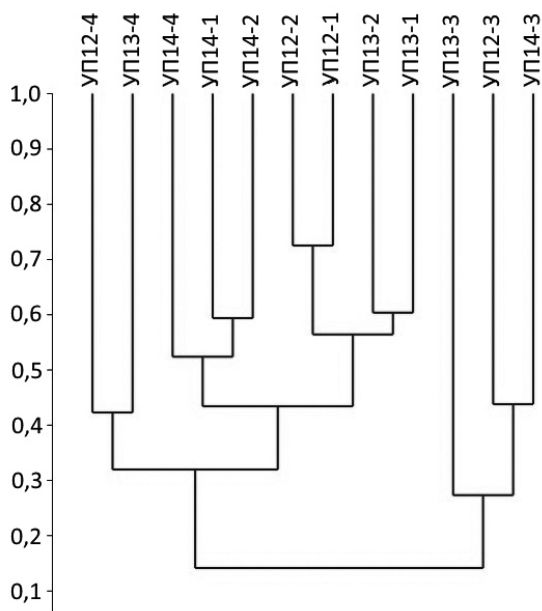


Рис. 29. Сходство видового состава на МП северного кластера по учетным площадкам (УП):
МП-1 (УП 12-1, УП 13-1, УП 14-1),
МП-2 (УП 12-1, УП 12-2, УП 14-2),
МП-3 (УП 12-3, УП 13-3, УП 14-3),
МП-4 (УП 12-4, УП 13-4, УП 14-4)

внутри каждой из МП. Особняком, как и в северном кластере, стоят степные сообщества верхней части юго-западного склона — МП-7. Сходство УП 12-7 и УП 13-7 определяет ядро достаточно постоянных ксерофитных видов. Влияние наиболее влажного года проявляется в увеличении (УП 14-7) случайных видов с низкой встречаемостью. Обособлены показатели МП-6, расположенной близ вершины северо-восточного склона, здесь развиты высокотравные послелесные луга, часть площади занимают

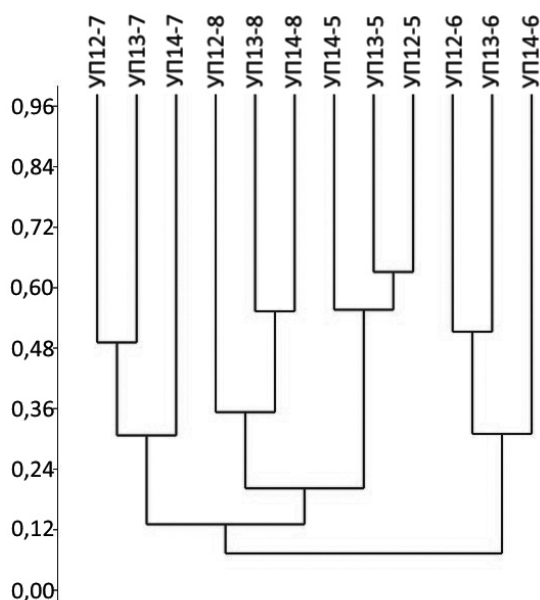


Рис. 30. Сходство видового состава на МП южного кластера по учетным площадкам (УП):
МП-5 (УП 12-5, УП 13-5, УП 14-5),
МП-6 (УП 12-6, УП 13-6, УП 14-6),
МП-7 (УП 12-7, УП 13-7, УП 14-7),
МП-8 (УП 12-8, УП 13-8, УП 14-8)

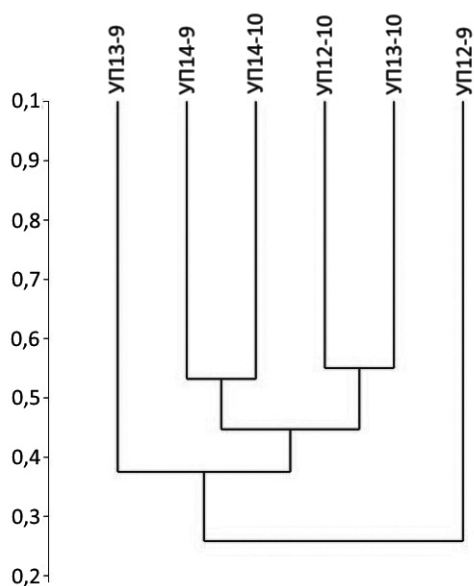


Рис. 31. Сходство видового состава на МП (контроль):
МП-9 (УП 12-9, УП 13-9, УП 14-9),
МП-10 (УП 12-10, УП 13-10, УП 14-10)

высокотравные хионофильные сообщества, которые и привносят в видовое богатство МП-6 специфический флористический колорит. Луговые сообщества подножий юго-западного (МП-8) и северо-восточного (МП-5) склонов включают большое количество общих видов, за счет луговых и сорно-луговых растений. На МП-5, МП-7 более высокое сходство проявляется в 2012 и 2013 гг. — за счет выпадения части видов после пожаров и засухи 2012 г.

На МП-8, не подвергавшейся пожару в 2012 г., напротив, больше сходства между показателями 2013 и 2014 гг.

На контрольных участках МП-9 и МП-10, размещенных на обширных полянах в березовом лесу, отмечен высокий уровень сходства видового состава, как по площади (между отдельными МП), так и по годам (рис. 31). Показатели учетных площадок 12-9 выпадают из общего ряда еще и потому, что месторасположение МП-9 вынуждены были перенести в 2013 г. Послелесные луга МП контроля не подвергались пожару в 2012 г., влияние засухи проявляется различием сходства составов на уровне 10 %.

Глава 9

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ НА АНТРОПОГЕННЫЕ СТРЕССОРЫ

Основной угрозой биологическому разнообразию государственного природного заказника «Караканский» является техногенное воздействие. Существующие технологии взрывных работ на угольных разрезах приводят к мощному пылевому загрязнению. Исследования, проведенные ранее на ценотическом и видовом уровне флористического разнообразия [Лашинский, 2011; Лашинский и др., 2011], не выявили существенных изменений в растительном покрове. Поэтому в программу мониторинговых исследований были включены методы биоиндикации на физиологическом уровне у растений. Особенности протекания биохимических процессов в органах растений (прежде всего в листьях) в значительной степени определяются условиями окружающей среды [Гаевский, 2002а, б; Гавриленко, Жигалова, 2003].

Одними из важнейших биоиндикационных показателей у растений на физиологическом уровне являются особенности протекания фотосинтеза. Фотосинтез чувствительно реагирует на всякое изменение внешней среды [Шуберт, 1988]. Установление факторов подавления процессов фотосинтеза под влиянием стресс-факторов среды — основная задача разнообразных методик оценки состояния как растительных организмов, так и природной среды в целом. Основными причинами изменений фотосинтетической активности растений исследователи указывают: неспецифические нарушения мембран, угнетение образования кислорода, разобщение фотофосфорилирования, воздействия на пигментный аппарат и ферменты и т. п. В качестве стресс-факторов установлено действие тяжелых металлов, совокупное воздействие газодымовых выбросов и отдельных его компонентов и т. п. [Гаевский, 2002а; Синский, Воловой, 2011; Смашевский, 2011].

Одним из характерных признаков влияния на растения газодымовых выбросов является изменение пигментного состава. Отношение хлорофилла a/b является хорошим индикатором при высоких концентрациях стрессовых факторов [Мокроносова, 1994].

Для характеристики изменений процессов фотосинтеза растений под действием стресс-факторов (газодымовых выбросов) в качестве показателей также часто используются параметры флуоресценции [Шуберт, 1988].

Кинетическая кривая флуоресценции отражает сложный механизм быстрых перестроек в листе — переход хлоропластов из темнового состояния в световое. В ходе этого процесса происходят разделение зарядов в реакционном центре (РЦ) фотосистем, активация транспорта электронов в ЭТЦ фотосинтеза, формирование градиента электрохимического потенциала протонов на мембранах, активация реакций цикла Кальвина и др. В условиях высоких интенсивностей света возможно перераспределение энергии света между фотосистемой (ФС) II и ФС I благодаря перемещению светособирающего комплекса II (ССК II) (переход хлоропластов из состояния 1 в состояние 2), что также находит отражение в параметрах индукционной кривой флуоресценции (ФЛ) [Гавриленко, 2003].

Объекты, материалы и методы исследования

Физиологическая реакция растений на стресс-факторы изучалась на ценообразующих видах травяных экосистем, которые наиболее широко представлены на всех мониторинговых площадках и имеют высокое обилие. Для мониторинга выбрано 5 видов растений: лук понижающий (*Allium nutans*), кострец безостый (*Bromopsis inermis*), клубника зеленая (*Fragaria viridis*), зопник клубненосный (*Phlomis tuberosa*), вероника колосистая (*Veronica spicata*). Отобранные виды отвечают требованиям, предъявляемым к видам-индикаторам, используемым для экологического мониторинга: распространены на всей изучаемой территории и на мониторинговых площадках повсеместно, характерны для природной зоны, где располагаются мониторинговые площадки. Биология (морфология, физиология, биохимия и др.) видов-индикаторов хорошо изучена; надземные органы остаются зелеными весь вегетационный период и не поражаются грибными и бактериальными болезнями. Виды чувствительны к воздействию стресс-фактора (угольной и породной пыли). Большая часть видов накапливает влияние негативного воздействия без быстрого проявления (аккумулятивные биоиндикаторы).

Для *Fragaria viridis* получен ряд данных, позволяющих рассматривать ее как один перспективных объектов биоиндикации. Вегетативные побеги *Fragaria viridis* могут содержать повышенные концентрации химических элементов без каких-либо изменений морфологических признаков. В наземных органах клубники наиболее часто находятся медь, цинк, свинец, марганец, кобальт, железо [Докучаева, Машкова, 2012; Докучаева, 2015]. Выявлена индукция синтеза токоферола в листьях *Fragaria viridis*, встречающейся в зоне влияния промышленных поллютантов, что, возможно, является одним из механизмов адаптации вида к загрязнению окружающей среды [Докучаева, 2015].

Для *Phlomis tuberosa* установлено содержание 19 микроэлементов, в том числе кальция, цинка, меди, марганца, кобальта и др. В то же время не были обнаружены такие токсичные элементы, как свинец, мышьяк, олово, ртуть, стронций и др., что может свидетельствовать о ненакоплении этих веществ. Достаточно полно изучен спектр биологически активных веществ этого вида [Круглая, 2006; Круглая, Муравьева, 2006].

Veronica spicata ранее использовалась в качестве объекта мониторинга состояния окружающей среды. Установлено, что растения, произрастающие в условиях промышленного воздействия, адаптируются к загрязненной промышленными выбросами газовой среде через увеличение суммы флавоноидов в фитомассе, что свидетельствует об изменении хода метаболических процессов и химического состава растений [Немерешина, 2009].

Allium nutans обладает высокой аккумулярующей способностью в отношении цинка, меди и селена [Голубкина, 2009]. Этот вид был использован при биологической индикации природных и техногенных систем в экологически неблагоприятных условиях, так как выявлено чрезмерное накопление тяжелых металлов, особенно свинца, кадмия и ртути [Муллагулова, 2014].

Морфологические признаки у *Bromopsis inermis* могут изменяться в зависимости от условий произрастания [Федорова, 2012]. Он обладает высокой экологической пластичностью и реагирует на изменение почвенно-климатических условий темпами развития и продуктивностью [Пономаренко, 2014].

Для проведения исследований были заложены две мониторинговые площадки (МП) на территории Караканского хребта в Кемеровской области: на северной трансекте — МП «Каракан-1», на южной — МП «Каракан-2» (рис. 32). Одна площадка была размещена на территории Алтайского края — МП «Парфеново» (контроль), где отсутствует воздействие угольной и породной пыли. МП «Каракан-1», выделенная в качестве наиболее подвергающейся негативному воздействию угольной и породной пыли, находится на расстоянии 900 м от уголь-

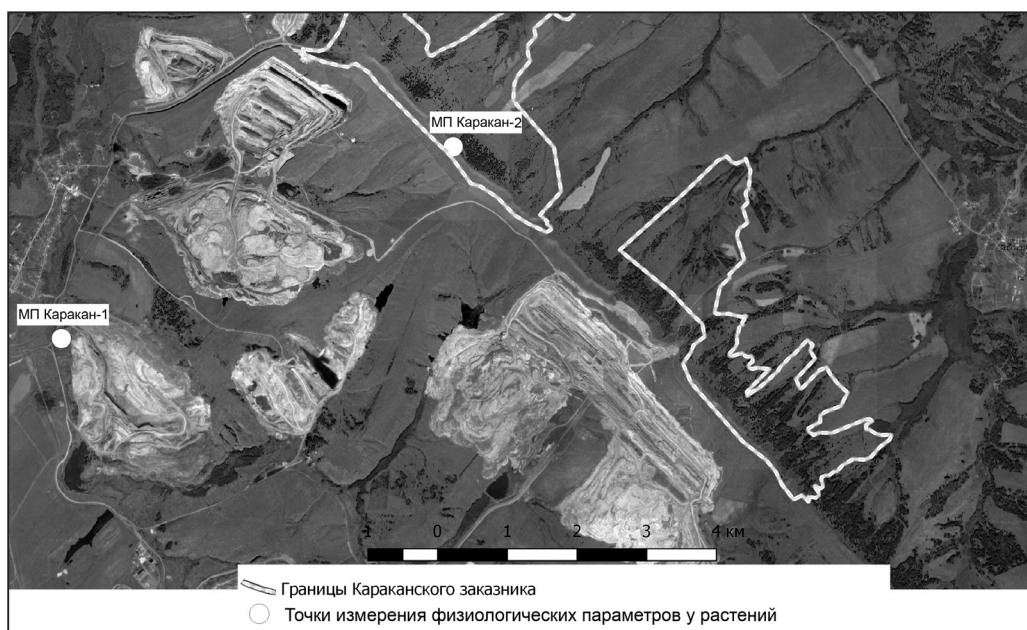


Рис. 32. Мониторинговые площадки для проведения исследований по изучению физиологических реакций растений-индикторов на техногенное воздействие

ного разреза и по дороге к угольному складу. МП «Каракан-2» заложена на территории ГПЗ «Караканский», на удалении 950 м от разреза. В соответствии с п. 7.1.3 Постановления Правительства Российской Федерации от 25.09.2007 № 74 угольные разрезы относятся к предприятиям класса I и буферная зона для них установлена 1000 м. Следовательно, обе МП, заложенные на территории Караканского хребта, находятся в пределах буферной зоны и не могут быть назначены в качестве контрольных, поэтому МП «Парфеново» (контроль) была заложена на территории Алтайского края. Характер растительности, тип почвы и особенности увлажнения МП «Парфеново» (контроль) в значительной степени сходны с МП «Каракан-1» и МП «Каракан-2».

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием критерия Вилкоксона (Манна—Уитни), который является одним из наиболее известных непараметрических статистических критериев [Орлов, 2014]. В ходе анализа данных было установлено, что участки, выбранные для целей мониторинга, репрезентативны, выбор площадки «Контроль» — оправдан.

Данные о физиологическом состоянии растений были получены методом спектрофотометрии и РАМ-флуориметрии. Определение содержания хлорофилла проводилось в спиртовой вытяжке при длинах волн, соответствующих максимуму-

мам поглощения хлорофиллов *a* (665 нм) и *b* (649 нм), с последующим расчетом концентрации пигментов по уравнениям Ветштейна и Хольма для 96%-го спирта [Смашевский, 2011]. Оптическая плотность раствора пигментов регистрировалась на спектрофотометре ЭКРОС ПЭ-5400 УФ.

В проведенных исследованиях методом РАМ-флуориметрии использовался прибор Junior PAM (Walz, Germany) (рис. 33). Для всех образцов, предварительно выдержанных в темноте в течение 30 минут, были получены следующие параметры:

F_o (*steady-state fluorescence*) — нулевой уровень флуоресценции, соответствующий «открытому» состоянию большинства реакционных центров ФС II, когда протекание фотохимических процессов ничем не ограничивается.

F_m (*maximal fluorescence*) — показатель, характеризующий стадию, на которой энергия электронного возбуждения реализуется преимущественно в процессе испускания флуоресценции, абсолютная величина и квантовый выход которой достигают максимальных значений.

F_v (*variable fluorescence*) — расчетная величина, равная разнице между общей максимальной флуоресценцией и ее исходным (фоновым) уровнем ($F_v = F_m - F_o$). Так как вариабельная флуоресценция *F_v* определяется окислительно-восстановительным статусом Q_a , ее уровень служит индикатором фотохимических окислительно-восстановительных процессов [Joshi, 1995, 2004].

Соотношение *F_v/F_m* — параметр, который нашел широкое распространение в качестве показателя функционального состояния фотосинтетической системы интактных зеленых тканей растений. Понижение соотношения *F_v/F_m* обусловлено ингибированием ФС II [De Prado, 1992; Schreiber, 1994] и уменьшением доли реакционных центров ФС II, не способных к восстановлению Q_B [Morales, 1991; Ouzounidou, 1993]. Чувствительность *F_v/F_m* к ингибированию световой фазы фотосинтеза делает этот показатель эффективным средством мониторинга стрессорных воздействий окружающей среды на растение [Lichtenthaller, 1988; Bolhar-Nordenkamp, 1989; Foyer, 1990; Govindjee, 1995; Henriques, 2009].



Рис. 33. Флуориметр JUNIOR-PAM (Heinz Walz GmbH, Germany)

Результаты и обсуждение

Спектрофотометрическим методом были получены показатели концентраций хлорофилла *a* и *b* для видов-индикаторов. При статистической обработке данных, полученных за два года исследований, были рассчитаны медианы концентраций хлорофилла *a* и *b* для всех пяти видов, отобранных в качестве индикаторных (рис. 34–38).

Для всех видов растений на мониторинговых площадках отмечено снижение концентрации хлорофилла *a* и *b* в августе, что связано с понижением среднесуточных температур и, как следствие, общим угасанием растений (конец вегетации). Наиболее устойчивым в этом отношении является *Bromopsis inermis*, у которого снижение концентрации хлорофилла в августе по сравнению с июлем было минимальным. На мониторинговой площадке «Каракан-1» концентрация хлорофилла *a* у образцов *Bromopsis inermis* снизилась на 6,5 %, хлорофилла *b* – 23,4 %, на МП «Парфеново» (контроль) концентрация хлорофилла *a* снизилась в августе на 11,4 %, хлорофилла *b* – на 1 %.

У всех видов-индикаторов в течение вегетационного периода 2015 г. наблюдалось уменьшение содержания хлорофилла *a* и *b* на мониторинговых площадках «Каракан-1», «Каракан-2» по сравнению с контролем (МП «Парфеново»).

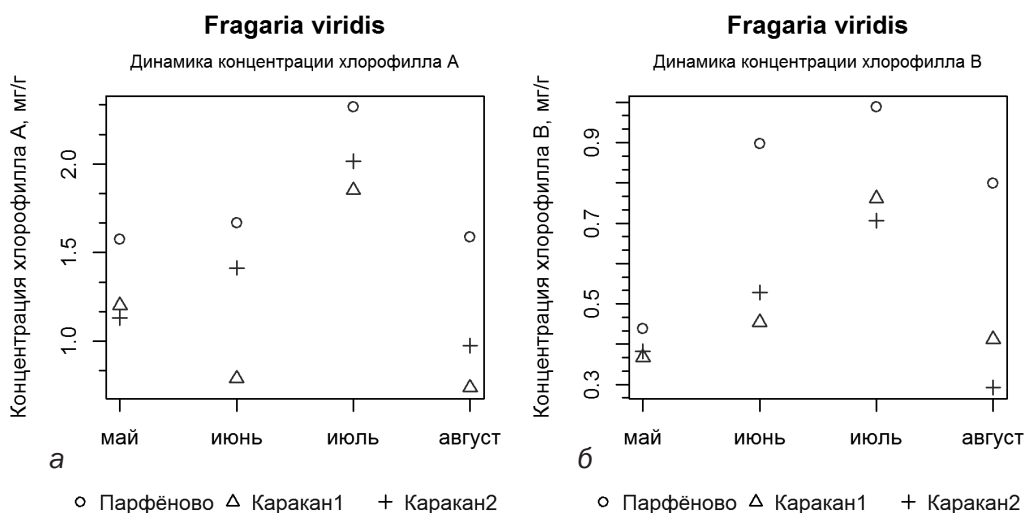


Рис. 34. Медианы концентрации хлорофиллов *a* (а) и *b* (б) в листьях клубники зеленой на мониторинговых площадках за вегетационные периоды 2015–2016 гг.

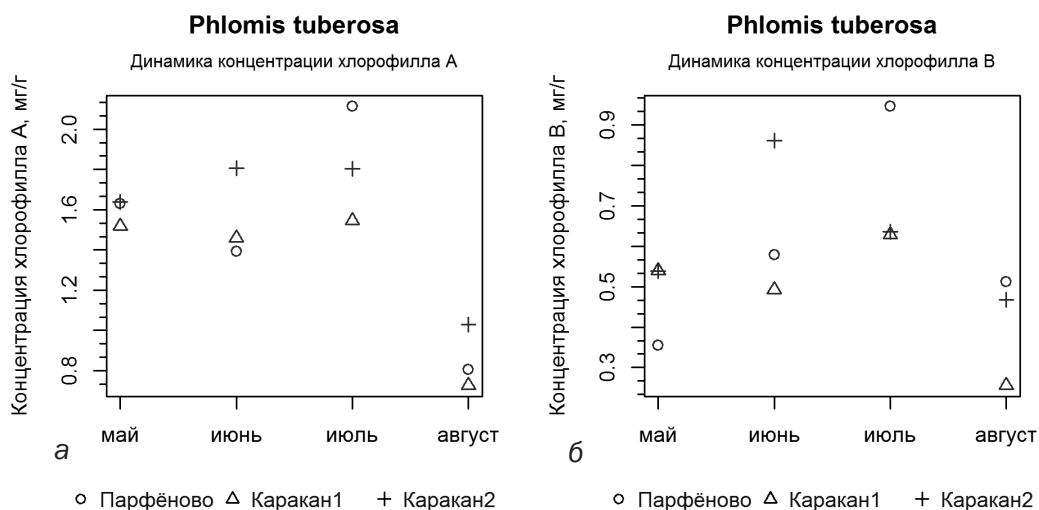


Рис. 35. Медианы концентрации хлорофиллов а (а) и б (б) в листьях зопника клубненосного на мониторинговых площадках за вегетационные периоды 2015–2016 гг.

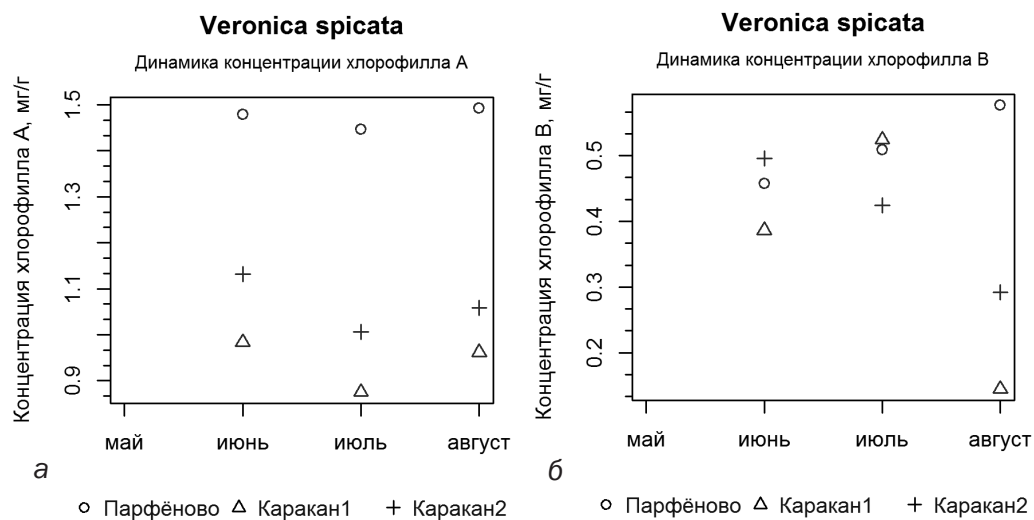


Рис. 36. Медианы концентрации хлорофиллов а (а) и б (б) в листьях вероники колосистой на мониторинговых площадках за вегетационные периоды 2015–2016 гг.

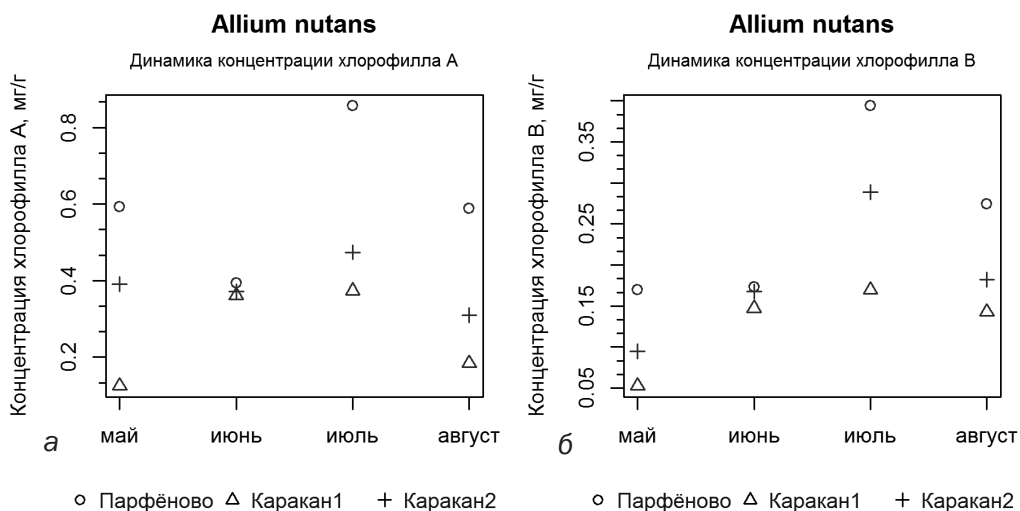


Рис. 37. Медианы концентрации хлорофиллов а (а) и б (б) в листьях лука поникающего на мониторинговых площадках за вегетационные периоды 2015–2016 гг.

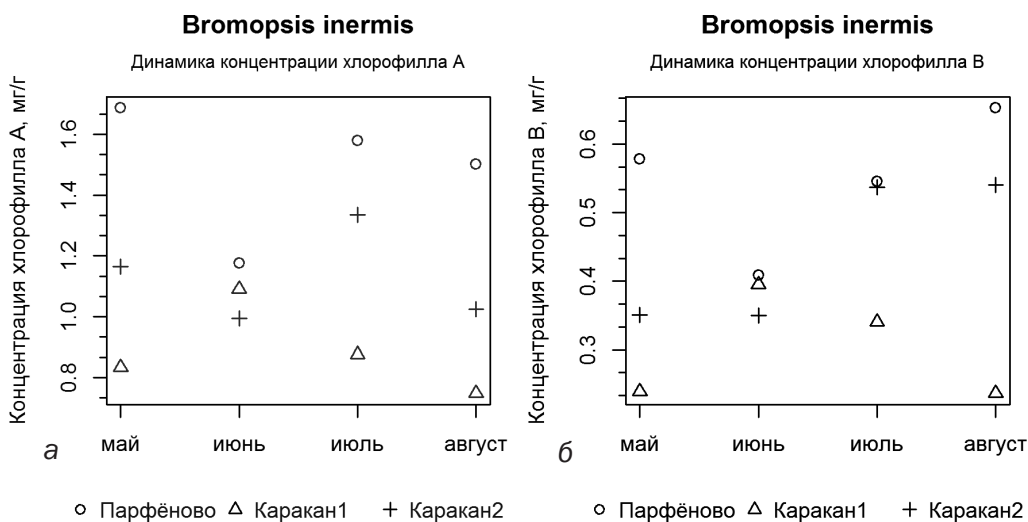


Рис. 38. Медианы концентрации хлорофиллов а (а) и б (б) в листьях костреца беззостого на мониторинговых площадках за вегетационные периоды 2015–2016 гг.

Так, например, для двудольного растения *Fragaria viridis* концентрация хлорофилла *a* в листьях образцов на МП «Каракан-1» ниже по сравнению с МП «Парфеново» (контроль) на 63 %, хлорофилла *b* — на 62,7 %; на МП «Каракан-2» снижение хлорофилла *a* и *b* по сравнению с контролем (МП «Парфеново») составило около 30 %.

У однодольных растений (*Bromopsis inermis*, *Allium nutans*) МП «Каракан-1» в июле и августе было отмечено снижение концентрации хлорофилла *a* на 40 %, хлорофилла *b* — на 50 %. Однако в листьях *Bromopsis inermis* для МП «Каракан-2» концентрация хлорофилла *a* по сравнению с *b* была ниже на 35 %. Для листьев образцов *Allium nutans* в июле и августе концентрация хлорофилла *a* была снижена по сравнению с образцами МП «Парфеново» (контроль) на 30 %, а хлорофилла *b* около 5 %.

Прослеживается сезонная изменчивость концентрации хлорофилла *a* и *b* на всех мониторинговых площадках, включая контрольную, не испытывающую загрязнения угольной и породной пылью. В то же время наблюдается уменьшение содержания хлорофилла *a* и *b* у растений на территории ГПЗ «Караканский» (МП «Каракан-1», МП «Каракан-2») по сравнению с площадкой «Парфеново» (контроль). Самые низкие показатели содержания хлорофилла *a* и *b* в листьях образцов всех видов, а также их резкое уменьшение в летний сезон по сравнению с контролем характерно для МП «Каракан-1», что свидетельствует о выраженном кумулятивном воздействии загрязнения, вызванного угольной и породной пылью. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что метод спектрофотометрии — один из наиболее перспективных в связи с поставленными задачами.

Метод РАМ-флуориметрии. Показатели фотосинтетической активности получены с использованием прибора Junior РАМ (Walz, Germany). Оценивалось отношение F_v/F_m , величина которого тесно связана с первичной продуктивностью фотосистем. Она коррелирует с фотосинтетической продукцией клеток, определенной классическими методами по восстановлению CO_2 с помощью радиоактивных изотопов ^{14}C (табл. 26).

Из таблицы 26 следует, что средние значения отношения F_v/F_m для всех образцов на всех трех рассматриваемых мониторинговых площадках различались незначительно. Так, например, для *Fragaria viridis* для образцов на МП «Каракан-1» в июле средняя величина составила в 2015 г. — 0,59 отн. ед., в 2016 — 0,62 отн. ед. Для листьев образцов клубники на МП «Парфеново» (контроль) средние значения отношения F_v/F_m в 2015 г. — 0,56, в 2016 г. — 0,65. Для ли-

Таблица 26

Изменение отношения отношение Fv/Fm (в отн. ед.)
у видов-индикаторов на мониторинговых площадках
за вегетационные периоды 2015–2016 гг.

МП	Год	Месяц	Fv/Fm		
			min	md	max
«Қарақан-І»	Fragaria viridis				
	2015	6	0,5848	0,6912	0,7352
	2015	7	0,5319	0,5886	0,7233
	2015	8	0,1534	0,5302	0,6691
	2016	5	0,5707	0,6234	0,7339
	2016	6	0,7125	0,738	0,7673
	2016	7	0,5613	0,6229	0,6986
	2016	8	0,4813	0,6039	0,6418
	Phlomis tuberosa				
	2015	6	0,4087	0,7127	0,7792
	2015	7	0,0984	0,65096	0,7617
	2016	5	0,5172	0,5964	0,6021
	2016	6	0,5886	0,6458	0,735
	2016	7	0,5852	0,6186	0,6242
	2016	8	0,6068	0,6699	0,7154
	Veronica spicata				
	2015	6	0,6264	0,739	0,78995
	2015	7	0,3149	0,4419	0,6948
	2015	8	0,4533	0,6356	0,7422
	2016	6	0,5449	0,6483	0,7577
	2016	7	0,6106	0,6682	0,6905
	2016	8	0,6375	0,7175	0,7563
	Bromopsis inermis				
	2015	7	0,3216	0,4806	0,5423
	2015	8	0,5796	0,6301	0,6785

(продолжение табл. 26)

МП	Год	Месяц	Fv/Fm		
			min	md	max
«Каракан-1»	2016	5	0,5955	0,6247	0,6341
	2016	6	0,08499	0,3518	0,6399
	2016	7	0,6334	0,6781	0,7443
	2016	8	0,0082	0,6478	0,7504
	<i>Allium nutans</i>				
	2015	7	0,6135	0,70497	0,7774
	2015	8	0,4179	0,5381	0,6533
	2016	5	0,6342	0,7235	0,7472
	2016	6	0,7686	0,79215	0,7946
	2016	7	0,7613	0,7856	0,8014
	2016	8	0,7397	0,7768	0,8
«Каракан-2»	<i>Fragaria viridis</i>				
	2015	6	0,4372	0,5827	0,6457
	2015	7	0,1103	0,1863	0,3579
	2015	8	0,17898	0,5941	0,6691
	2016	5	0,4971	0,6021	0,6623
	2016	6	0,5848	0,7274	0,7458
	2016	7	0,4226	0,5506	0,6325
	2016	8	0,5493	0,6315	0,71498
	<i>Phlomis tuberosa</i>				
	2015	6	0,3048	0,47697	0,6254
	2015	7	0,0025	0,4473	0,5
	2016	5	0,4258	0,5081	0,5679
	2016	6	0,4452	0,5418	0,563
	2016	7	0,4731	0,51796	0,5511
	2016	8	0,4799	0,5553	0,5711
	<i>Veronica spicata</i>				
	2015	7	0,2191	0,7026	0,7129

(продолжение табл. 26)

МП	Год	Месяц	Fv/Fm		
			min	md	max
	2015	8	0,4533	0,6356	0,74224
«Каракан-2»	2016	6	0,6264	0,7390	0,78995
	2016	7	0,6858	0,7355	0,7616
	2016	8	0,6128	0,7026	0,7319
	<i>Bromopsis inermis</i>				
	2015	7	0,07799	0,2465	0,7647
	2015	8	0,5796	0,6301	0,6785
	2016	5	0,5471	0,6229	0,6474
	2016	6	0,65	0,6974	0,7152
	2016	8	0,7078	0,7241	0,7436
	<i>Allium nutans</i>				
	2015	7	0,25	0,3556	0,6055
	2015	8	0,4179	0,5569	0,6671
	2016	5	0,6172	0,6609	0,6801
	2016	6	0,4435	0,6129	0,7205
	2016	7	0,3857	0,4698	0,6932
	2016	8	0,6139	0,7135	2,2727
«Парфеново» (Контроль)	<i>Fragaria viridis</i>				
	2015	7	0,5124	0,55799	0,6968
	2015	8	0,4526	0,5996	0,695
	2016	5	0,2342	0,2864	0,5013
	2016	6	0,5744	0,6914	0,71
	2016	7	0,5853	0,6469	0,7343
	2016	8	0,4383	0,6006	0,6601
	<i>Phlomis tuberosa</i>				
	2015	7	0,2992	0,6121	0,6545
	2016	5	0,3983	0,6211	0,6596
	2016	6	0,5028	0,6618	0,7393

(окончание табл. 26)

МП	Год	Месяц	Fv/Fm		
			min	md	max
	2016	7	0,5313	0,6185185185	0,7164179104
«Парфеново» (Контроль)	2016	8	0,5589	0,6661514683	0,7250922509
	<i>Veronica spicata</i>				
	2015	7	0,557	0,6138	0,7252
	2015	8	0,4875	0,5405	0,67
	2016	7	0,2958	0,6929	0,7105
	2016	8	0,6367	0,72497	0,7519
	<i>Bromopsis inermis</i>				
	2015	7	0,0236	0,5501	0,6076
	2015	8	0,2562	0,4613	0,6885
	2016	5	0,5773	0,6345	0,6595
	2016	6	0,6172	0,6832	0,6945
	2016	7	0,6111	0,6836	0,7271
	2016	8	0,7473	0,7768	0,7895
	<i>Allium nutans</i>				
	2015	7	0,5456	0,5857	0,6705
	2015	8	0,4852	0,6818	0,71299
	2016	5	0,5618	0,6315	0,6764
	2016	6	0,6375	0,6767	0,7686
	2016	7	0,6973	0,7575	0,7907
	2016	8	0,7166	0,7541	0,7743

Примечание. Fv/Fm – соотношение вариательной и максимальной флуоресценции;
min – минимум соотношения вариательной и максимальной флуоресценции; md – медианы соотношения вариательной и максимальной флуоресценции; max – максимум соотношения вариательной и максимальной флуоресценции.

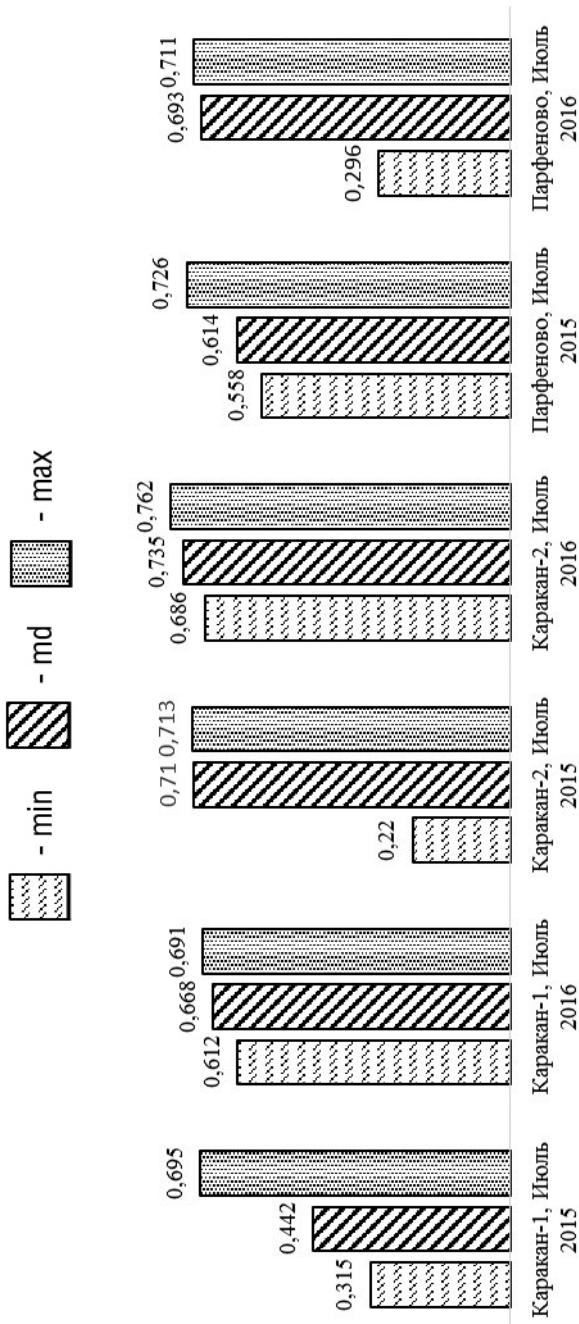


Рис. 39. Распределения величины F_v/F_m (отн. ед.) в хлоропластах листьев вероники колосистой (*Veronica spicata*)

стьев образцов *Phlomis tuberosa* на МП «Каракан-1» в июле среднее значение отмечено в 2015 г. — 0,65, в 2016 г. — 0,61. Для образцов зопника клубненосного МП «Парфеново» в 2015 и в 2016 гг. — 0,61.

Такая же тенденция характерна и для однодольных растений. Средние значения отношения F_v/F_m для *Allium nutans* в мае составили для листьев образцов на МП «Каракан-1» — 0,72, на МП «Каракан-2» — 0,66, на МП «Парфеново» — 0,63.

На первый взгляд, значение отношения F_v/F_m , отражающее изменение состояния растений под действием стресс-фактора, не позволило выявить существенных нарушений у растений, выросших в неблагоприятных условиях. Но при анализе ширины статистического распределения значений отношения F_v/F_m было установлено, что для видов мониторинговой площадки, подвергающейся в большей степени воздействию стресс-фактора (угольная и породная пыль), характерен сдвиг в сторону наименьших значений по сравнению с контролем (рис. 39).

Так, например, для одного из перспективных видов-индикаторов вероники колосистой установлено (рис. 33), что для растений на МП «Каракан-1» и МП «Каракан-2», подвергающиеся воздействию угольной и породной пыли, распределение величины F_v/F_m сдвинуто в сторону наименьших значений, а также имеет больший разброс показателя, что говорит о снижении продуктивности фотосинтетического процесса в целом. Распределение этого показателя для образцов, выросших в благоприятных условиях, характеризуется суженной нормой, и значения связаны с максимальными выходами флуоресценции.

Аналогично отмеченному выше, соотношение параметра F_v/F_m , который используется при мониторинге в качестве показателя функционального состояния фотосинтетической системы интактных зеленых тканей растений, у видов-индикаторов на мониторинговых площадках «Каракан-1», «Каракан-2» изменялось незначительно по сравнению с контролем («Парфеново»). В то же время анализ распределения F_v/F_m свидетельствует, что различия существуют. Сдвиг в сторону меньших значений соотношения F_v/F_m обусловлен ингибированием ФС II [De Prado, 1992; Schreiber, 1994] и уменьшением доли реакционных центров ФС II, не способных к восстановлению Q_B [Morales, 1991; Ouzounidou, 1993]. Следовательно, рассматриваемый стресс-фактор (угольная и породная пыль) оказывает непосредственное влияние на функционирование реакционных центров и первичные процессы фотосинтеза.

В результате проведенных исследований методом РАМ-флуориметрии состояния видов-индикаторов на мониторинговых площадках, испытывающих

воздействие угольной и породной пыли (МП «Каракан-1», МП «Каракан-2»), установлено, что величина вариабельной флуоресценции, характеризующая ту часть энергии света, которая используется открытыми реакционными центрами в фотосинтезе, изменилась незначительно по сравнению с контролем («Парфеново»). Но анализ распределения величины вариабельной флуоресценции выявил существенные различия. Следовательно, рассматриваемый стресс-фактор (угольная и породная пыль) оказывает непосредственное влияние на функционирование реакционных центров и первичные процессы фотосинтеза. Действие стресс-фактора на растения было зафиксировано соотношением F_v/F_m , который отражает непосредственное влияние на функционирование фотосинтетического аппарата.

Таким образом, оба метода показали свою практическую значимость при проведении биоиндикации на физиологическом уровне исследования и позволили доказать существующее воздействие угольной и породной пыли как стрессирующего фактора.

Глава 10

ФАУНА ХОРТОБИОНТОВ КАРАКАНСКОГО ХРЕБТА

Изучение состава фауны и структуры популяций беспозвоночных животных, населяющих ландшафты, подверженные интенсивному антропогенному воздействию, является необходимым этапом при экологических обследованиях и мониторинге территорий [Биоиндикация ..., 1988]. Учитывая сложность и трудоемкость полного фаунистического анализа даже небольшой территории, необходимо выбрать группы беспозвоночных, наиболее удобные для изучения экосистемы [Лукьянцев и др., 1995], к которым следует отнести прямокрылые (Orthoptera) и пауки (Aranei). Они являются характерным компонентом сообществ беспозвоночных животных открытых ландшафтов и составляют значительную долю населения травянистого яруса. Обладая высокими способностями к расселению, обе эти группы активно освоили широкий круг биотопов.

Прямокрылые участвуют в биологическом круговороте веществ и в почво-образовательных процессах, что было показано на примере луговых степей Западной Сибири [Сергеев, 1989]. Известно, что численность и биомасса растительноядных прямокрылых могут достигать колоссальных значений. В такие годы эти насекомые могут съесть почти весь прирост зеленой фитомассы [Лашинский и др., 2002]. Особенно важно, что во многих случаях одной из причин, обуславливающих нарастание или снижение численности насекомых этой группы, может быть тот или иной тип деятельности человека [Сергеев, 1989]. При этом прямокрылые, имея высокую численность, широкое распространение и крупные размеры, могут служить удобными биоиндикаторами.

Пауки принадлежат к числу важнейших членистоногих-энтомофагов в лесных сообществах, заселяя все ярусы растительности, совместно с сенокосцами,

жужелицами, стафилидами и муравьями они составляют основу (67,8–68,1 % мезофауны) всего комплекса хищных членистоногих [Узенбаев, 1985].

Население пауков достаточно чутко реагирует на изменения, происходящие на территориях, подверженных антропогенному воздействию. Прежде всего, это сказывается на соотношении жизненных форм в сообществе и смене доминирующих групп [Романенко, Лукьянцев, 1995].

Методика

Основной метод количественных учетов хортобионтов при проведении исследований — кошение энтомологическим сачком по 100 взмахов на каждом учетном участке, сериями по 20 взмахов. Общая протяженность каждого учетного маршрута — 50 м. Дополнительно проводился ручной сбор, для более полного выявления видового состава.

Собранных насекомых фиксировали в морилке с этилацетатом (прямокрылые) и в 70 %-м спирте (пауки).

Численность на 1 м² рассчитывалась по формуле [Тыщенко, 1983]:

$$X = N / (2RLn),$$

где X — количество насекомых на 1 м²;

N — число насекомых, пойманных при кошении;

R — радиус сачка, м;

L — средняя длина пути, проходимого обручем сачка по травостою при каждом взмахе сачка;

n — число взмахов сачка.

Для анализа сходства фаунистических комплексов различных биотопов использовался индекс Чекановского-Сьеренсена:

$$I = 2a / (a + b) + (a + c),$$

где a — число видов, присутствующих в обоих списках;

b — число видов, имеющих только в 1-м списке;

c — число видов, принадлежащих 2-му списку.

Значение индекса варьирует в интервале от 0 до 1. Этот индекс оценивается как наиболее адекватный при измерении сходства между фаунистическими списками видов, а также между видовым составом экологических выборок [Песенко, 1982].

В качестве учетных площадок использовались макросклоны Караканского хребта на северном и южном кластерах на северо-восточном МП (№ 1, 2 и 5, 6) и юго-западном склонах МП (3, 4 и 7, 8), а также две контрольных площадки, расположенные возле с. Каралда МП (№ 9, 10).

Результаты исследования

Фаунистический комплекс каждого участка рассматривается как единое целое.

За время исследований на территории Караканского хребта найден 21 вид прямокрылых, относящихся к трем семействам (табл. 27–29).

Таблица 27

**Видовой состав и численность (экз./м²) прямокрылых
на учетных площадках (2012 г.)**

Вид	Учетные площадки					
	МП (1, 2)	МП (3, 4)	МП (5, 6)	МП (7, 8)	МП (9)	МП (10)
<i>Bicolorana bicolor</i>		0,02		0,08		
<i>Chorthippus apricarius</i>		0,04	0,08	0,28	0,08	0,02
<i>Chorthippus biguttulus</i>	0,04	0,14		0,24		
<i>Chorthippus brunneus</i>				0,04		
<i>Chorthippus dorsatus</i>	0,06			0,02		
<i>Chrysochraon dispar</i>						0,14
<i>Decticus verrucivorus</i>		0,02		0,02		
<i>Gampsocleis sedakovii</i>				0,04		
<i>Gomphocerippus rufus</i>	0,12			0,06		
<i>Megaulacobothrus aethalinus</i>		0,02				
<i>Montana eversmanni</i>				0,04		
<i>Omocestus haemorrhoidalis</i>				0,04		
<i>Poecilimon intermedius</i>				0,02		
<i>Psophus stridulus</i>				0,10		
<i>Tetrix bipunctata</i>	0,02					
<i>Tettigonia cantans</i>	0,02		0,02	0,04	0,02	

Таблица 28

**Видовой состав и численность (экз./м²) прямокрылых
на учетных площадках (2013 г.)**

Вид	Учетные площадки					
	МП (1, 2)	МП (3, 4)	МП (5, 6)	МП (7, 8)	МП (9)	МП (10)
<i>Arcyptera microptera</i>		0,06				
<i>Bicolorana bicolor</i>	0,02	0,02	0,02			
<i>Bryodemella tuberculata</i>		0,02				
<i>Chorthippus apricarius</i>	0,02	0,02	0,02			
<i>Chorthippus biguttulus</i>	0,02				0,1	
<i>Chorthippus brunneus</i>			0,08	0,02		
<i>Chorthippus dorsatus</i>		0,02				
<i>Chorthippus fallax</i>				0,02		
<i>Chrysochraon dispar</i>	0,04		0,02		0,16	0,04
<i>Decticus verrucivorus</i>	0,04	0,08				
<i>Gomphocerippus rufus</i>	0,1					
<i>Montana eversmanni</i>				0,02		
<i>Omocestus haemorrhoidalis</i>					0,02	
<i>Poecilimon intermedius</i>			0,04			
<i>Stauroderus scalaris</i>			0,02	0,02		
<i>Stenobothrus lineatus</i>	0,02	0,02				
<i>Tettigonia cantans</i>	0,02		0,06	0,06	0,02	0,04

Таблица 29

**Видовой состав и численность (экз./м²) прямокрылых
на учетных площадках (2014 г.)**

Вид	Учетные площадки					
	МП (1, 2)	МП (3, 4)	МП (5, 6)	МП (7, 8)	МП (9)	МП (10)
<i>Bicolorana bicolor</i>	0,02	0,04	0,02	0,08		
<i>Bryodemella tuberculata</i>	0,02					
<i>Chorthippus apricarius</i>	0,02	0,06	0,08	0,28	0,08	0,02
<i>Chorthippus biguttulus</i>	0,04	0,14		0,24	0,1	
<i>Chorthippus brunneus</i>			0,08	0,04		
<i>Chorthippus dorsatus</i>	0,06			0,02		0,02
<i>Chrysochraon dispar</i>	0,04		0,02		0,16	0,14
<i>Decticus verrucivorus</i>	0,04	0,02		0,02		
<i>Gomphocerippus rufus</i>	0,08			0,06	0,02	
<i>Montana eversmanni</i>	0,02			0,02		
<i>Omocestus haemorrhoidalis</i>				0,04	0,02	
<i>Poecilimon intermedius</i>			0,02	0,02		
<i>Psophus stridulus</i>	0,02					
<i>Tettigonia cantans</i>		0,02	0,06	0,04	0,02	0,02

За время исследований на всех учетных площадках было найдено 33 видов *пауков*, принадлежащих к 14 семействам (табл. 30–32).

Таблица 30

**Видовой состав и численность (экз./м²) пауков
на учетных площадках (2012 г.)**

Вид	Учетные площадки					
	МП (1, 2)	МП (3, 4)	МП (5, 6)	МП (7, 8)	МП (9)	МП (10)
<i>Araneus marmoreus</i>				0,04	0,02	
<i>Clubiona caerulescens</i>				0,02		0,04
<i>Dictyna arundinacea</i>					0,12	0,16
<i>Evarcha arcuata</i>	0,02				0,04	0,04
<i>Evarcha laetabunda</i>					0,04	0,02
<i>Linyphia triangularis</i>	0,02	0,02		0,02		
<i>Marpissa pomatia</i>					0,02	0,02
<i>Micrommata virescens</i>	0,04	0,02	0,04	0,04	0,02	0,02
<i>Misumena vatia</i>	0,02		0,02	0,04	0,04	0,08
<i>Nuctenea silvicultrix</i>						0,02
<i>Pardosa prativaga</i>					0,02	0,12
<i>Philodromus cespitum</i>					0,02	
<i>Phylloneta impressa</i>				0,02		
<i>Pisaura mirabilis</i>	0,02				0,02	0,04
<i>Tetragnatha pinicola</i>		0,02	0,02		0,04	0,12
<i>Thanatus arenarius</i>				0,02		
<i>Tibellus oblongus</i>		0,04			0,04	
<i>Xysticus ulmi</i>	0,08	0,08	0,02		0,08	0,16

Таблица 31

**Видовой состав и численность (экз./м²) пауков
на учетных площадках (2013 г.)**

Вид	Учетные площадки					
	МП (1, 2)	МП (3, 4)	МП (5, 6)	МП (7, 8)	МП (9)	МП (10)
<i>Araneus marmoreus</i>	0,02			0,04	0,02	
<i>Dictyna arundinacea</i>		0,02		0,02	0,08	0,04
<i>Evarcha laetabunda</i>		0,02			0,04	0,02
<i>Linyphia triangularis</i>		0,02	0,02	0,02		
<i>Marpissa pomatia</i>		0,02			0,02	0,02
<i>Micrommata virescens</i>		0,02		0,04	0,02	
<i>Misumena vatia</i>		0,02	0,02			
<i>Pardosa prativaga</i>			0,02			
<i>Phylloneta impressa</i>					0,02	
<i>Pisaura mirabilis</i>		0,02		0,02		
<i>Tetragnatha pinicola</i>		0,02		0,02		0,12
<i>Tibellus oblongus</i>		0,04		0,02	0,04	0,02
<i>Xysticus cristatus</i>					0,02	
<i>Xysticus ulmi</i>			0,02	0,02		

Таблица 32

**Видовой состав и численность (экз./м²) пауков
на учетных площадках (2014 г.)**

Вид	Учетные площадки					
	МП (1, 2)	МП (3, 4)	МП (5, 6)	МП (7, 8)	МП (9)	МП (10)
<i>Aelurillus v-insignitus</i>		0,04				
<i>Agyneta rurestris</i>		0,04				
<i>Araneus marmoreus</i>	0,02			0,02	0,02	0,02
<i>Arctosa stigmosa</i>		0,02				
<i>Cheiracanthium erraticum</i>	0,06					
<i>Dictyna arundinacea</i>	0,02	0,02	0,02		0,02	
<i>Drassyllus lutetianus</i>		0,1				
<i>Euophrys frontalis</i>	0,02					
<i>Evarcha falcata</i>		0,02	0,06		0,02	
<i>Evarcha laetabunda</i>		0,02				0,02
<i>Heliophanus dampfi</i>	0,04	0,04	0,02			
<i>Heriaeus horridus</i>		0,02				
<i>Linyphia triangularis</i>	0,02				0,02	0,02
<i>Marpissa pomatia</i>	0,02					
<i>Pardosa prativaga</i>	0,02	0,02				
<i>Phylloneta impressa</i>		0,02				
<i>Singa hamata</i>		0,02				0,02
<i>Sitticus floricola</i>	0,18		0,04			
<i>Tetragnatha pinicola</i>	0,06		0,02		0,02	0,04
<i>Tibellus oblongus</i>	0,04		0,02		0,02	
<i>Trochosa terricola</i>		0,02				
<i>Xysticus audax</i>	0,02	0,02	0,06			
<i>Xysticus lanio</i>	0,02					
<i>Xysticus ulmi</i>	0,2	0,06	0,02		0,02	0,02

Сравнительный анализ видового состава хортобионтов на учетных площадках (2012 год)

Учитывая, что территория исследований сравнительно невелика, а прямокрылые и пауки относятся к подвижным животным, обладающим большими возможностями для расселения (особенно это относится к паукам, разносимым потоками воздуха на паутинках в раннем возрасте), по результатам учетов первого года исследований все участки оказались весьма сходны по видовому составу (табл. 33, 34).

Таблица 33

Степень сходства участков по видовому составу прямокрылых (2012 г.)

Номера участков	1, 2	3, 4	5, 6	7, 8	9
1, 2	0,69				
1, 2	0,71	0,71			
1, 2	0,74	0,74	0,70		
1, 2	0,71	0,71	1,0	0,74	
1, 2	0,57	0,71	0,75	0,68	0,75

Таблица 34

Степень сходства участков по видовому составу пауков (2012 г.)

Номера участков	1, 2	3, 4	5, 6	7, 8	9
1, 2	0,76				
1, 2	0,78	0,86			
1, 2	0,77	0,74	0,72		
1, 2	0,76	0,74	0,74	0,71	
1, 2	0,76	0,72	0,75	0,71	0,86

Для прямокрылых степень сходства участков выше 0,5, а для пауков — выше 0,7. Дальнейшие исследования подтвердили это заключение (табл. 35, 36).

Таблица 35

**Видовой состав прямокрылых (Orthoptera) Караканского хребта
(+ – количество сезонов наблюдений)**

Вид	Учетные площадки					
	МП (1, 2)	МП (3, 4)	МП (5, 6)	МП (7, 8)	МП (9)	МП (10)
<i>Arcyptera microptera</i>		+				
<i>Bicolorana bicolor</i>	++	+++	++	++		
<i>Bryodemella tuberculata</i>	+	+				
<i>Chorthippus apricarius</i>	++	+++	+++	++	++	++
<i>Chorthippus biguttulus</i>	+++	++		++	+	
<i>Chorthippus brunneus</i>			++	+++		
<i>Chorthippus dorsatus</i>	++	+		++		+
<i>Chorthippus fallax</i>				+		
<i>Chrysochraon dispar</i>	++		++		++	+++
<i>Decticus verrucivorus</i>	++	+++		++		
<i>Gampsocleis sedakovii</i>				+		
<i>Gomphocerippus rufus</i>	+++			++	+	
<i>Megaulacobothrus aethalinus</i>		+				
<i>Montana eversmanni</i>	+			+++		
<i>Omocestus haemorrhoidalis</i>				++	++	
<i>Poecilimon intermedius</i>			++	++		
<i>Psophus stridulus</i>	+			+		
<i>Stauroderus scalaris</i>			+	+		
<i>Stenobothrus lineatus</i>	+	+				
<i>Tetrix bipunctata</i>	+					
<i>Tettigonia cantans</i>	++	+	+++	+++	+++	++

Таблица 36

**Видовой состав пауков (Aranei) Караканского хребта
(+ – количество сезонов наблюдений)**

Название вида	Учетные площадки					
	МП (1, 2)	МП (3, 4)	МП (5, 6)	МП (7, 8)	МП (9)	МП (10)
<i>Aelurillus v-insignitus</i>		+				
<i>Agyneta rurestris</i>		+				
<i>Araneus marmoreus</i>	++			+++	+++	+
<i>Arctosa stigmosa</i>		+				
<i>Cheiracanthium erraticum</i>	+					
<i>Clubiona caerulescens</i>				+		+
<i>Dictyna arundinacea</i>	+	++	+	+	+++	++
<i>Drassyllus lutetianus</i>		+				
<i>Euophrys frontalis</i>	+					
<i>Evarcha arcuata</i>	+				+	+
<i>Evarcha falcata</i>		+	+		+	
<i>Evarcha laetabunda</i>		++			++	+++
<i>Heliophanus dampfi</i>	+	+	+			
<i>Heriaeus horridus</i>		+				
<i>Linyphia triangularis</i>	++	++	+	++	+	+
<i>Marpissa pomatia</i>	+	+			++	++
<i>Micrommata virescens</i>	+	++	+	++	++	+
<i>Misumena vatia</i>	+	+	++	+	+	+
<i>Nuctenea silvicultrix</i>						+
<i>Pardosa prativaga</i>	+	+	+		+	+
<i>Philodromus cespitum</i>					+	
<i>Phylloneta impressa</i>		+		+	+	
<i>Pisaura mirabilis</i>	+	+		+	+	+
<i>Singa hamata</i>		+				+

(окончание табл. 36)

Название вида	Учетные площадки					
	МП (1, 2)	МП (3, 4)	МП (5, 6)	МП (7, 8)	МП (9)	МП (10)
<i>Sitticus floricola</i>	+		+			
<i>Tetragnatha pinicola</i>	+	++	++	+	++	+++
<i>Thanatus arenarius</i>				+		
<i>Tibellus oblongus</i>	+	++	+	+	+++	+
<i>Trochosa terricola</i>		+				
<i>Xysticus audax</i>	+	+	+			
<i>Xysticus cristatus</i>					+	
<i>Xysticus lanio</i>	+					
<i>Xysticus ulmi</i>	++	++	+++	+	++	++

За период наблюдений на большей части территории отмечены два вида кузнечиков (*Bicolorana bicolor* и *Tettigonia cantans*) и четыре вида саранчовых (*Chorthippus apricarius*, *Chorthippus biguttulus*, *Chorthippus dorsatus*, *Chrysochraon dispar*). Численность этих видов в разные сезоны колебалась в широких пределах (рис. 40, 41).

Среди пауков на территории исследований наиболее широко распространены 11 видов: *Linyphia triangularis* (семейство Linyphiidae), *Tetragnatha pinicola* (Tetragnathidae), *Araneus marmoreus* (Araneidae), *Dictyna arundinacea* (Dictynidae), *Micrommata virescens* (Sparassidae), *Pardosa prativaga* (Lycosidae), *Pisaura mirabilis* (Pisauridae), *Tibellus oblongus* (Philodromidae), *Marpissa pomatia* (Salticidae), *Misumena vatia* и *Xysticus ulmi* (Thomisidae). Для большинства из них характерна невысокая, но стабильная численность (*Linyphia triangularis*, *Araneus marmoreus*, *Micrommata virescens*, *Pardosa prativaga*, *Pisaura mirabilis*, *Marpissa pomatia*, *Misumena vatia*), для некоторых других видов отмечены значительные колебания численности (*Dictyna arundinacea*, *Tetragnatha pinicola*, *Tibellus oblongus*, *Xysticus ulmi*) (рис. 42–45).

По числу видов преобладающей группой являются бродячие охотники (представители семейств Thomisidae, Salticidae, Philodromidae, Lycosidae, Pisauridae и Sparassidae).

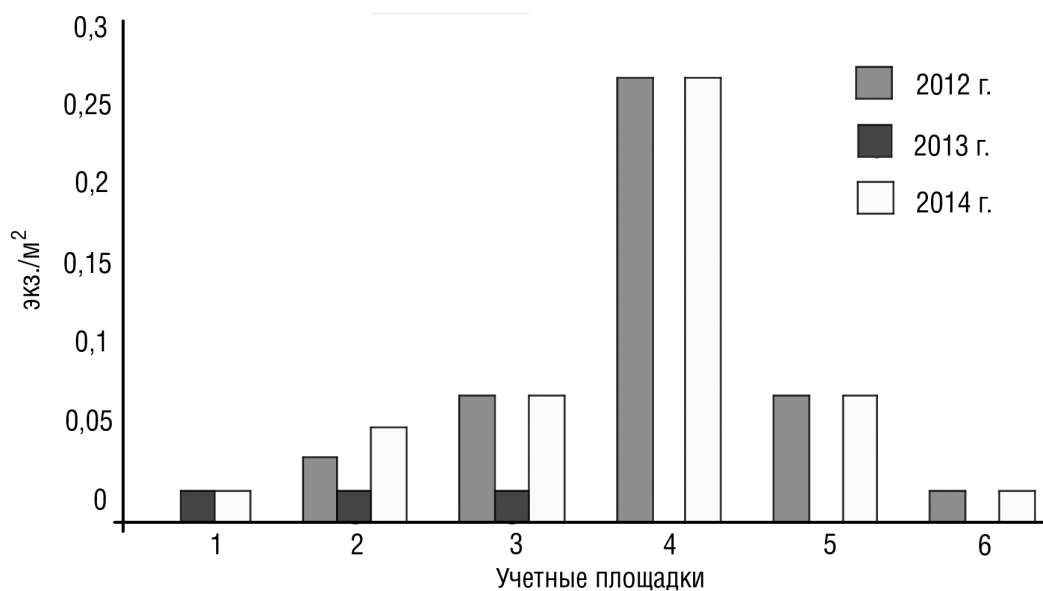


Рис. 40. Динамика численности *Chorthippus apricarius*

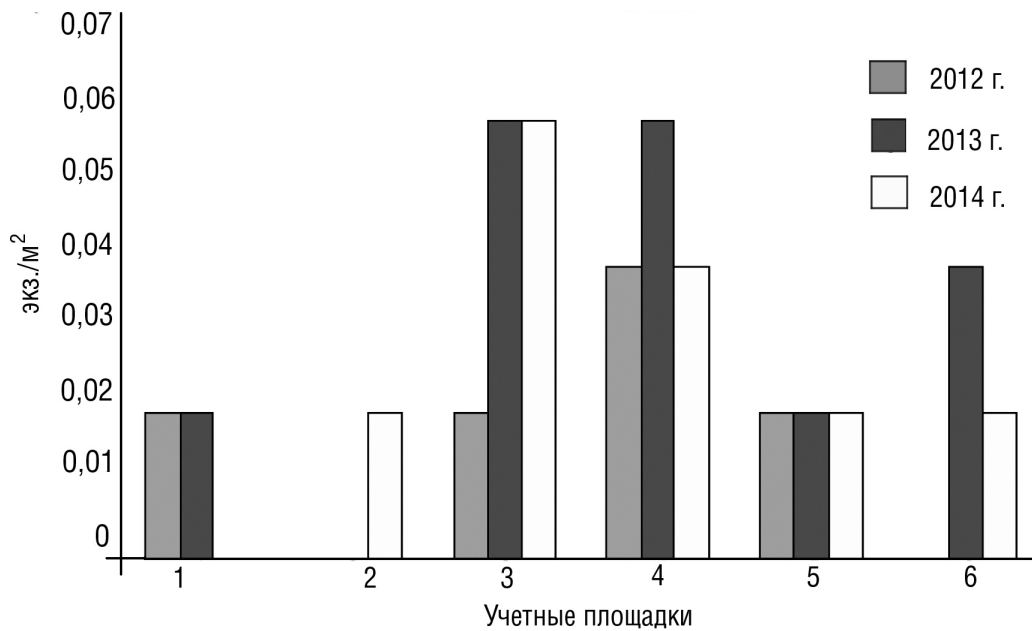
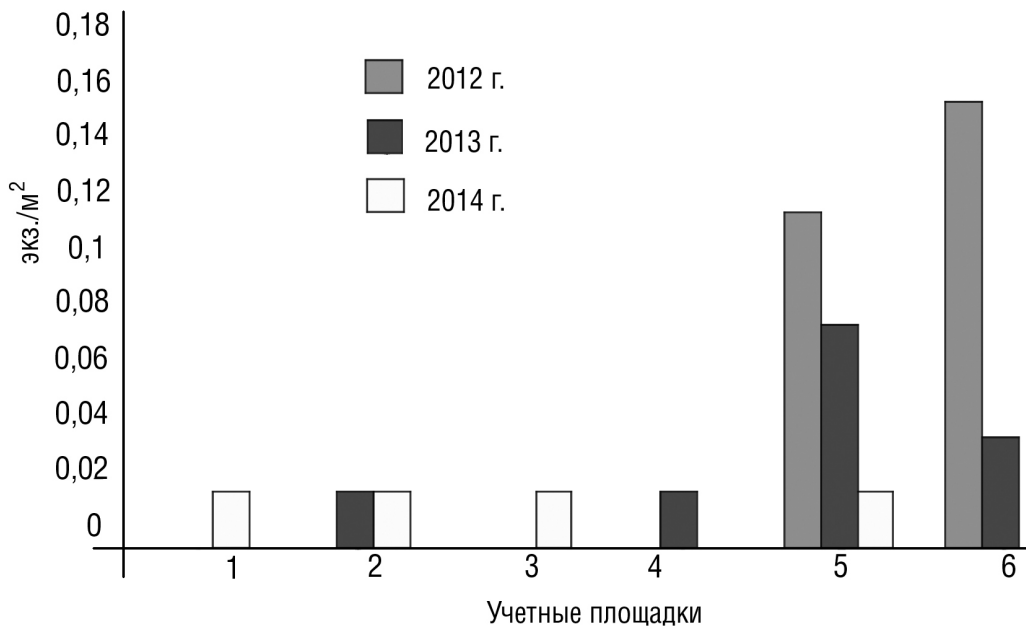
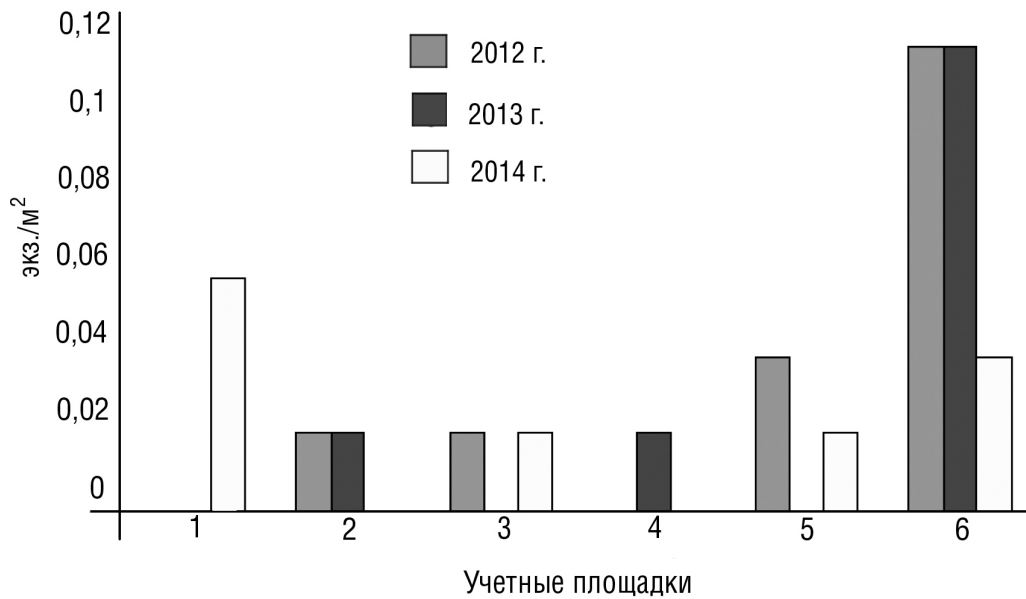


Рис. 41. Динамика численности *Tettigonia cantans*

Рис. 42. Динамика численности *Dictyna arundinacea*Рис. 43. Динамика численности *Tetragnatha pinicola*

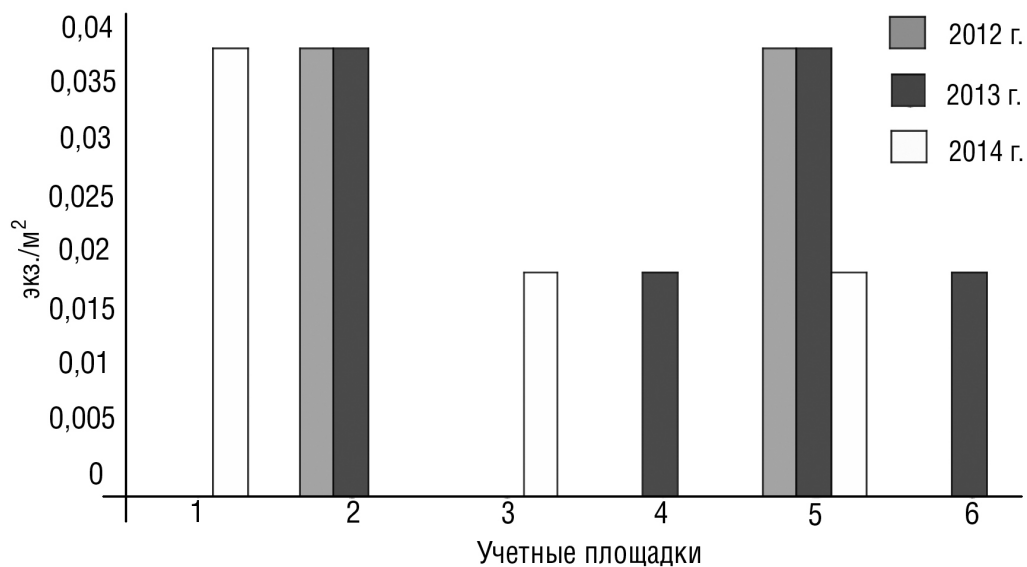


Рис. 44. Динамика численности *Tibellus oblongus*

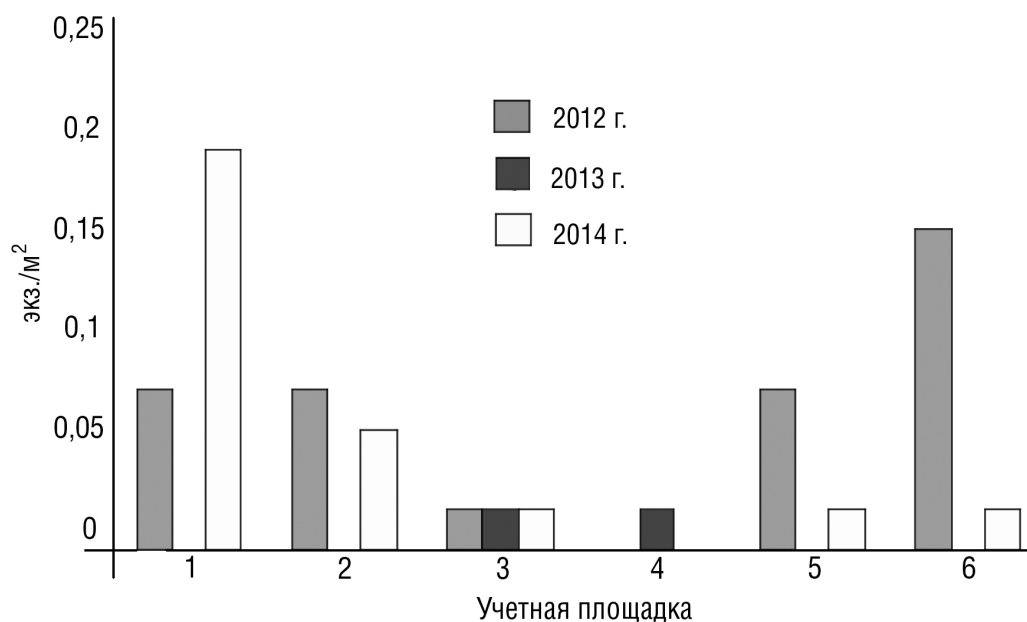


Рис. 45. Динамика численности *Xysticus ulmi*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С научной точки зрения Караканский хребет в настоящее время представляет из себя удобный объект для проведения наблюдений за изменением состояния природных компонентов в промышленном районе. Это своеобразная модель природно-техногенной системы, в которой представлены два мощных блока: сравнительно целостный природный ландшафт с высоким уровнем биоразнообразия и группа угольных предприятий, наращивающих объемы добычи угля. На данный момент их совокупное негативное воздействие на экосистемы только начинает сказываться, и явные деструктивные процессы в структуре растительного покрова пока не были установлены.

Тем не менее уже сейчас ни один из исследованных участков не может считаться «чистым» по содержанию техногенных взвесей, что свидетельствует о высокой техногенной нагрузке на всей территории Караканского каменноугольного месторождения. Валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка соответствует более высоким, чем в целом по Кемеровской области, фоновым показателям для южно-лесостепного ландшафтно-геохимического района. Оценивая загрязнение воздушной среды возле Караканского хребта, необходимо отметить, что вблизи добычи угля, центров погрузочно-разгрузочных работ, транспортировки угля высоко содержание частиц атмосферных взвесей, относящихся к высокоопасным для биологических объектов. Уровень загрязнения несколько уменьшается к востоку от расположенных вдоль западного склона Караканского хребта угольных разрезов, но повышается вблизи населенных пунктов.

Меридиональное расположение Караканского хребта в значительной мере определяет формирование снегового покрова и распределение его на склонах разной экспозиции. На северо-восточном склоне даже в малоснежные зимы формируется глубокий снеговой покров, обладающий большим запасом влаги. Поэтому здесь на протяжении всего периода вегетации даже в самые сухие годы наблюдаются оптимальные значения по фактору влажности, что способствует формированию березовых лесов и мезофильных лугов.

На юго-западном склоне накопление снега происходит только в нижней и средней частях, в то время как верхняя на протяжении всего зимнего периода может оставаться малозаснеженной или вовсе лишенной снега. Это приводит к сильному промерзанию почвы зимой и экстремально низкой влажности летом. Разница в показателях влажности и температуры на поверхности склонов обуславливает градиент постепенного изменения растительных сообществ на всем протяжении склона — от лесных лугов до каменистых степей. С увеличением степени загрязнения склонов угольной и породной пылью прослеживается тенденция к более быстрому таянию снега, что отражается в его структуре: развитии радиационной корки, в большей доле средне- и крупнозернистого снега, наличии глубинной изморози. Однако лишенные снегового покрова почвы на юго-западной экспозиции быстрее прогреваются весной, а летом накапливают больше тепла. Также стоит отметить, что для юго-восточного склона Караканского хребта характерна большая амплитуда колебания температур, чем для почв северо-восточного склона.

Несмотря на эти различия, можно сказать, что динамика почвенных температур Караканского хребта соответствует определенной схеме: быстрый рост температуры весной, после схода снежного покрова, падение температуры почвы из-за весенних заморозков и постепенно затухающий рост температуры до последней декады июля, когда отмечается пик температур на поверхности почвы и в ее толще. После этого пика начинается сначала постепенное, а потом все более стремительное снижение температуры. Это снижение длится до конца ноября, когда температура почвы падает до 0 °С. Дальнейшее понижение температуры протекает плавно в течение всего зимнего периода.

Общие показатели биомассы соответствуют условиям лесостепи и голарктических лугов. Особенности формирования фитомассы склонов заключаются в значительном превалировании массы подземной части растений над надземной. В среднем для северо-восточного склона отношение массы надземной части к подземной равно 0,28, а для юго-западных склонов — 0,21. В контроле отношение надземной и подземной частей равно 0,52, что соответствует луговому разнотравью. По данным трехлетнего мониторинга, в структуре фитомассы травянистых

фитоценозов Караканского хребта выделяется доля злаков и разнотравья, с преобладанием той или иной группы по участкам и годам, бобовые всегда в меньшинстве — их максимальная доля за все годы наблюдений составила 12,6 %.

Всего на мониторинговых полигонах найдено 343 вида высших сосудистых растений, что составляет около 65 % флоры Караканского хребта. Изучение структурных особенностей растительных сообществ позволило зафиксировать их состояние. Отмечено влияние на структуру сообществ весенних палов и сенокосения.

Изменение концентрации и параметров флуоресценции хлорофилла высших растений является интегральным показателем их функционального состояния и может быть использовано в целях индикации загрязнения воздуха и оценки степени устойчивости растений к воздействию стресс-факторов. Отобранные в качестве биоиндикаторов виды: *Fragaria viridis*, *Phlomis tuberosa*, *Veronica spicata*, *Bromopsis inermis*, *Allium nutans* — показали значительную зависимость параметров фотосинтетической активности от условий среды и действия стресс-факторов (угольная и породная пыль). На территории северного кластера, подвергающегося наибольшему воздействию угольной и породной пыли и находящегося в непосредственной близости от двух угольных разрезов и с. Каракан, физиологические параметры образцов растений, отобранных в качестве индикаторных, были снижены от 10 до 85 % по сравнению с МП «Парфеново» (контроль) и южным кластером, находящимся вдали от источников загрязнения.

Так как территория исследований сравнительно невелика, а прямокрылые и пауки относятся к подвижным животным, обладающим большими возможностями для расселения, по результатам учетов первого года исследований все участки оказались весьма сходны по видовому составу. За время исследований на территории Караканского хребта найден 21 вид прямокрылых, относящихся к трем семействам, 33 вида пауков, принадлежащих к 14 семействам, преобладающей группой являются бродячие охотники (представители семейств Thomisidae, Salticidae, Philodromidae, Lycosidae, Pisauridae и Sparassidae).

На основании непрерывных четырехлетних наблюдений за состоянием растительных сообществ, динамикой основных экологических факторов, анализом загрязнения почвенного и снегового покрова можно сделать заключение о том, что, несмотря на изменение состояния окружающей среды, в данном районе вследствие высокой плотности угольных предприятий, тем не менее, растительный покров Караканского хребта в данный момент остается крупным массивом коренной растительности Кузнецкой котловины с присущим лесостепной зоне флористическим разнообразием. Ведущими факторами, обуславливающими развитие растительности на современном этапе, являются климатические: уровень атмосферных

осадков зимой/летом и температура воздуха, что отражается в конечном итоге на показателях влажности корнеобитаемого слоя почвы. Так, например, один из основных показателей — надземная фитомасса — значительно различается по годам и находится в прямой зависимости от климатических условий. Та же тенденция наблюдается при определении количества видов растений на мониторинговых площадках. Находясь в минимуме в засушливые годы, эти показатели восстанавливаются до нормальных значений при хорошем обеспечении влагой.

В то же время на начальном этапе техногенного воздействия удалось зафиксировать нарушения на уровне физиологических реакций растений. Установлено подавление процессов фотосинтеза и изменение пигментного состава в листьях растений на мониторинговой площадке, подверженной кумулятивному воздействию загрязнения, вызванного угольной и породной пылью (рядом с угольным складом и технологической дорогой).

Следовательно, можно утверждать, что при увеличении техногенной нагрузки на территорию Караканского хребта вполне вероятно изменение структурных и функциональных показателей экосистем и начало их деградации. В какой момент это может произойти, пока сказать невозможно, так как растительные сообщества обладают высокой резистентностью к неблагоприятным факторам среды. Однако следует допустить вероятность таких явлений при кратном увеличении локального загрязнения (быстро) либо при проявлении общего аккумулятивного эффекта по мере достижения определенного критического уровня содержания загрязняющих веществ в почве (медленно). Но в любом случае важно обеспечить проведение на Караканском хребте экологического мониторинга на биологических объектах с периодичностью два года через три, чтобы вовремя отследить отклонения в показателях экосистем в сравнении с их состоянием в первоначальном периоде с 2012 по 2014 гг.

В качестве постоянного объекта для наблюдений следует определить биоиндикацию на физиологическом уровне у растений из группы индикаторных видов. Апробированную методику необходимо представить в виде методических рекомендаций для угольных предприятий по проведению производственного экологического мониторинга с использованием параметров физиологических реакций растений на стресс-факторы. Это позволит предприятиям, расположенным в районе Караканского хребта, принять ее в качестве корпоративного стандарта и вести наблюдения силами подрядных организаций или собственных экологических служб. Эта мера соответствует нормам и требованиям действующего природоохранного законодательства России, предъявляемым в том числе и к угледобывающим предприятиям в связи с повышением уровня экологизации производства и сохранения биологического разнообразия.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев Ю.В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях — Л.: Агропромиздат, 1987. — 142 с.
- Алфимов А.В., Берман Д.И.* Два полюса холода под снежным покровом Евразии // Природа. — 2006. — № 6. — С. 27–33.
- Андреева Е.Н., Баккал И.Ю., Горшков В.В.* Методы изучения лесных сообществ. — СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. — 240 с.
- Анспек П.И.* Микроудобрения: Справочник. — Л.: Агропромиздат, 1990. — 272 с.
- Арбузов С.И., Ершов В.В.* Геохимия редких элементов в углях Сибири. — Томск: Изд. дом «Д-Принт», 2007. — 468 с.
- Артемов И.А., Королюк А.Ю., Лащинский Н.Н.* Ключевые ботанические территории Алтае-Саянского экорегиона: опыт выделения. — Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. — 272 с.
- Базилевич Н.И.* Биологическая продуктивность экосистем Северной Азии. — М.: Наука, 1993. — 293 с.
- Базилевич Н.И., Титлянова А.А.* Биотический круговорот на пяти континентах. Азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. — Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2008. — 282 с.
- Байтулин И.О.* Строение и работа корневой системы растений. — Алма-Ата: Наука, 1987. — 312 с.
- Балашова А.А.* Особенности использования угля в Китае и возможные пути снижения негативного воздействия на окружающую среду // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. — 2010. — № 5. — С. 92–96.

Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. — М.: Мир, 1988. — 350 с.

Богатилов О.А. Неорганические наночастицы в природе // Вестник РАН. — 2003. — Т. 73, № 5. — С. 426–428.

Богатырев Л.Г., Телесина В.М. Словарь терминов и показателей, используемых при изучении биологического круговорота. — М.: МАКС Пресс, 2010. — 184 с.

Буко Т.Е., Шереметова С.А., Куприянов А.Н. и др. Ключевые ботанические территории Кемеровской области. — Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2009. — 112 с

Быков Н.И., Попов Е.С. Наблюдения за динамикой снежного покрова в ООПТ Алтае-Саянского экорегиона (методическое руководство). — Красноярск: Наука, 2011. — 64 с.

Вайно А.Э. Прогнозный подход к экономической оценке инновационного ресурса горнодобывающих предприятий России // Научный вестник МГГУ. — 2013. — № 7 (40). — С. 93–106.

Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 81 с.

Васильева Л.А. Статистические методы в биологии, медицине и сельском хозяйстве. — Новосибирск: Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирский гос. ун-т, 2007. — 127 с.

Вашлаева Н.Ю., Потапов В.П., Счастливцев Е.Л. Мониторинг, оценка и прогноз состояния окружающей среды на основе современных информационных технологий / Отв. ред. А. Н. Куприянов. — Кемерово: ИД «Азия», 2013. — 117 с.

Велданова М.В. Роль некоторых стромогенных факторов внешней среды в возникновении зубной эндемии // Микроэлементы в медицине. — 2000. — № 1. — С. 17–25.

Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. — М.: Изд-во АН СССР, 1957. — 259 с.

Волошин Е.И. Микроэлементы в почвах и растениях южной части Средней Сибири: Автореф. дис. ... доктора с.-х. наук. — Красноярск, 2004. — 32 с.

Волошин Е.И. Свинец в почвах Средней Сибири // Вестник АГАУ. — 2007. — № 1. — С. 83–88.

Воронцова Л.И., Гащук Л.Е., Егорова В.Н., Ермакова И.М. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). — М.: Наука, 1976. — 214 с.

Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. — М.: Изд. центр «Академия», 2003. — 256 с.

Гагина Т.Н., Скалон Н.В. Распространение и численность серого сурка (*Marmota baibacina* Kaschenko Stroganov et Jdin, 1956) в Кемеровской области // Сурки Северной Евразии: сохранение биологического разнообразия. Тез. докл. II Международного

Совещания по суркам стран СНГ (Чебоксары, 9–13 сентября 1996 г.). М.: Изд-во АБФ, 1996. – С. 14–15.

Гагина Т.Н., Скалон Н.В. Серый, или алтайский, сурок // Красная книга Кемеровской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных / Под ред. проф. Т.Н. Гагиной и доц. Н.В. Скалона. – Кемерово: Кн. изд-во, 2000. – С. 201–202.

Гаевский Н.А. Флуоресцентные методы в анализе экологического стресса растений // Экологическая биофизика. Т. 1. Фотобиофизика экосистем. – М.: Логос, 2002а. – С. 239–283.

Гаевский Н.А. Флуоресцентные методы в оценке состояния биосистем при антропогенной нагрузке // Экологическая биофизика Т. 2. Фотобиофизика экосистем. – М.: Логос, 2002б. – С. 224–238.

Гендриксон О.Д., Сафенкова И.В., Жердев А.В. Методы детекции и идентификации техногенных наночастиц // Биофизика. – 2011. – Т. 56, № 6. – С. 965–994.

Голохваст К.С. Атмосферные взвеси городов Дальнего Востока. – Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2013. – 178 с.

Голохваст К.С., Куприянов А.Н., Манаков Ю.А., Чайка В.В. и др. Сравнение гранулометрического состава атмосферных взвесей Караканского угольного кластера и Федерального памятника природы «Липовый остров» по данным загрязнения снежного покрова // Проблемы региональной экологии. – 2014. – Т. 3. – С. 65–70.

Голохваст К.С., Куприянов А.Н., Манаков Ю.А. и др. Редкоземельные минералы в атмосферных взвесях Караканского угольного разреза Кузбасса по данным загрязнения снежного покрова // Бюллетень физиологии патологии дыхания. – 2014а. – № 52. – С. 91–96.

Голохваст К.С., Христофорова Н.К., Кику П.Ф., Гульков А.Н. Гранулометрический и минералогический анализ взвешенных в атмосферном воздухе частиц // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2011. – № 2 (40). – С. 94–100.

Голубкина Н.А., Агафонов А.Ф., Дудченко А.Ф. Содержание микроэлементов в многолетнем луке // Гавриш. – 2009. – № 5. – С. 18–21.

Горбатенко В.П. Характеристика снежного покрова на юго-востоке Западной Сибири // Экология северных территорий: Матер. междунар. конгресса (Новосибирск, 17–20 января 2013 г.). – Новосибирск: ЗАО ИПП «Офсет», 2012. – С. 53–60.

Горнопромышленный портал <http://www.steelland.ru/news/mining/4040.html> (Дата обращения 03 января 2015).

Горышина Т.К. Экология растений. – М.: Высшая школа, 1979. – 368 с.

Гришин И.С. Влияние снежного покрова на формирование рельефа верховых болот и их природных комплексов // Природа и природные ресурсы Тюменской области: Тез.

докл. науч. конф. (Тюмень, 21–23 ноября 1973 г.). Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та. – Тюмень, 1973. – С. 32–34.

Гришина Л.А. Биологический круговорот и его роль в почвообразовании. – М.: Изд-во МГУ, 1974. – 128 с.

Гришина Л.А., Самойлова Е.М. Учет биомассы и химический анализ растений. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – 97 с.

Гришина Л.А., Концик Г.Н., Моргунов Л.В. Организация и проведение почвенных исследований для экологического мониторинга. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 82 с.

Давитая Ф.Ф. Загрязнение земной атмосферы и проблемы свободного кислорода // Изв. АН СССР. Серия геогр. – 1971. – Вып. 4. – С. 22–25.

Демин В.Ф., Крылов Д.А., Кураченко И.А. Сравнение ущерба окружающей среде и здоровью населения от АЭС и ТЭС // Атомная энергия. – 2014. – Т. 116, № 3. – С. 167–170.

Докучаева Ю.А. Содержание витаминов в листьях *Fragaria viridis* L. степной зоны Оренбургского Предуралья // Изв. Оренбургского гос. аграрного ун-та. – 2015. – В. 1 (51). – С. 140–143.

Докучаева Ю.А., Машкова А.А. Биоморфологические особенности *Fragaria viridis* L. Оренбургского Предуралья // Наука Красноярья. – 2012. – № 5 (05). – С. 37–44.

Ермолов Ю.В. Широтная изменчивость фоновых концентраций химических элементов в снеговом покрове Западной Сибири // Экология северных территорий: Матер. междунар. конгресса (Новосибирск, 17–20 января 2013 г.). – Новосибирск: ЗАО ИПП «Офсет», 2012. – С. 219–221.

Заугольнова Л.Б., Жукова А.А., Комаров А.С., Смирнова О.В. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). – М.: Наука, 1988. – 184 с.

Заушинцева А.В., Фомина Н.А., Моисеев А.И. Почвы Беловского района // Тр. Кузбасской комплексной экспедиции. Т.1. Беловский, Яшкинский, Таштагольский районы. – Кемерово, 2004. – С. 127–140.

Захаренков В.В., Олещенко А.М., Панаиотти Е.А., Суржиков Д.В. Комплексная оценка риска для здоровья работающих при открытой добыче угля от воздействия физических факторов // Бюлл. Вост.-Сиб. научного центра СО РАМН. – 2006. – № 3. – С. 29–33.

Зверев А.А. Сравнительный анализ флор с помощью компьютерной системы IBIS // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики: Матер. VI рабочего совещания по сравнительной флористике. – СПб.: Изд-во НИИФ, 1998. – С. 284–288.

Зверев А.А. Информационные технологии в изучении растительного покрова. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. – 304 с.

Иванов В.П., Трухан С.Н., Кочубей Д.И. Анализ природы адсорбированных слоев атмосферных аэрозолей // Химия в интересах устойчивого развития. — 2006. — Т. 14, № 5. — С. 449–452.

Ивлев А.М. Биогеохимия. — М.: Высшая школа, 1986. — 121 с.

Измайлова М.В. Фауна пауков юга Восточной Сибири. — Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1989. — 182 с.

Израэль Ю.А., Гасилина И.К., Ровинский Ф.Я. Мониторинг загрязнения природной среды. — Л.: Гидрометеониздат, 1978. — 560 с.

Ильичев А.И., Соловьев Л.И. География Кузбасса: Природные условия и ресурсы Кемеровской области. — Кемерово: Кемеровское кн. изд-во, 1988. — 139 с.

Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. — М.: Мир, 1989. — 439 с.

Каталымов М.В. Микроэлементы и микроудобрения. — М.; Л.: Химия, 1965. — 330 с.

Качинский Н.А. Корневая система растений в посевах подзолистого типа: Исследования в связи с водным и питательным питанием почв. // Тр. Московск. област. опыт. станции. — М., 1925. — Ч. 1, вып. 7. — С. 89.

Кизильштейн Л.Я. Экогеохимия элементов-примесей в углях. — Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. — 296 с.

Климат Кемеровской области [Электронный ресурс] // Кемеровский ЦГМС — филиал ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» [Офиц. сайт]. URL: <http://meteo-kuzbass.ru/pogoda/climate> (Дата обращения: 16.01.2015).

Ковда В.А., Керженцев А.С. Региональный экологический мониторинг. — М.: Наука, 1983. — 264 с.

Кожевникова Н.М., Убашеев И.О., Митыпов Б.Б., Александрова Т.Е. Получение модифицированных лантаном природных цеолитов — потенциальных стимуляторов регенерации живых тканей // Химия в интересах устойчивого развития. — 2001. — Т. 9. — № 9. — С. 207–211.

Колчанов Р.А., Колчанова Л.В., Габрук Н.Г. Коэффициент накопления свинца в растениях Белгородской области // Современные наукоемкие технологии. — 2008. — № 8. — С. 49–50.

Кондратьев К.Я. Аэрозоль и климат. — Л.: Гидрометеониздат, 1991. — 542 с.

Кондратьев К.Я. Атмосферный аэрозоль как климатообразующий компонент атмосферы. 1. Свойства аэрозолей различных типов // Оптика атмосферы и океана. — 2004. — Т. 17, № 1. — С. 5–24.

Кондратьев К.Я., Поздняков Д.В. Аэрозольные модели атмосферы. — М.: Наука, 1981. — 104 с.

Красинский Н.П. Озеленение промплощадок дымоустойчивым ассортиментом. — М.: Изд-во «Власть Советов» при президиуме ВЦИК, 1937. — 87 с.

Красная книга Кемеровской области: Т. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. — Кемерово: Азия принт, 2012. — 208 с.

Красницкий В.М. Агроэкоотоксикологическая оценка сельскохозяйственных агроценозов. — Омск: ОмГАУ, 2009. — 68 с.

Круглая А.А. Макро- и микроэлементный состав травы зопника колючего и зопника клубненосного, произрастающих на Северном Кавказе // Вест. Воронежского гос. ун-та. Серия: Химия. Биология. Фармация. — Воронеж, 2006. — № 2. — С. 43–51.

Круглая А.А., Муравьева Д.А., Лагазидзе Д.С. Изучение полисахаридных фракций зопника клубненосного и бархатцев мелкоцветных // Человек и лекарство. — М., 2006. — С. 28.

Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. — М.: Наука, 1974. — 124 с.

Кулагин Ю.З. Лесообразующие виды, техногенез и прогнозирование. — М.: Наука, 1980. — 116 с.

Куприянов А.Н., Куприянов О.А. Влияние снегового покрова на устойчивость отдельных элементов бореальных лесов // Экология северных территорий: Матер. Междунар. конгресса (Новосибирск, 17-20 января 2013 г.). — Новосибирск: ЗАО ИПП «Офсет», 2012. — С. 275–280.

Куприянов А.Н., Куприянов О.А. Динамика зимних температур естественных насаждений липы сибирской. // Вестник КемГУ. — 2013. — Т. 1, № 2 (54). — С. 14–21.

Куприянов А.Н., Манаков Ю.А., Баранник Л.П. Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности Кузбасса. — Новосибирск: Гео, 2010. — 160 с.

Куприянов А.Н., Манаков Ю.А. Степные участки Кузнецкой котловины в опасности // Степной бюллетень. — 2006. — № 20. — С. 40–42.

Куприянов А.Н., Трофимов И.Т., Заблочкий В.И. Восстановление лесных экосистем после пожара. — Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2003. — 259 с.

Куприянов О.А. Задачи мониторинга Липового острова // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири: Матер. V Междунар. интернет-конф. (Томск, декабрь 2010 г.). — Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2011. — С. 117–125.

Курилюк Т.Т. Кобальт в луговых растениях Якутии // Биохимические особенности Якутии. — М.: Наука, 1964. — С. 107–117.

Куценогий К.П., Куценогий П.К. Аэрозоли Сибири. Итоги семилетних исследований // Сибирский экологический журнал. — 2000. — № 1. — С. 11–20.

Ламанова Т.Г., Шеремет Н.В. Агрофитоценозы на отвалах в южной части Кузнецкой котловины — Новосибирск: Офсет, 2010. — 210 с.

Латинский Н.Н. Хионофильное высокотравье Караканского хребта (Кемеровская область) // Растительный мир Азиатской России. — 2008. — № 2. — С. 75–79.

Латинский Н.Н., Шереметова С.А., Макунина Т.Е. Растительный мир Караканского хребта. — Новосибирск: Гео, 2011. — 120 с.

Лобанова Т.В. Пауки-волки (Aranei, Lycosidae) Западной Сибири: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Новосибирск, 1977. — 23 с.

Ловкова М.Я., Рабинович А.М., Пономарева С.М. Почему растения лечат. — М.: Наука, 1989. — 254 с.

Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении — М.: Высшая школа, 1998. — 288 с.

Лоскутов А.Ю. Анализ временных рядов (Лекции) [Электронный ресурс] URL: http://chaos.phys.msu.ru/loskutov/PDF/Lectures_time_series_analysis.pdf (Дата обращения: 13.11.2014).

Лукьянцев С.В. Ярусное распределение пауков семейства Linyphiidae (Aranei) в смешанных лесах юга Западной Сибири // Проблемы сохранения биоразнообразия животных Южной Сибири: Матер. I Межрегиональной науч.-практич. конф. (Кемерово, 19–22 мая 1997 г.). — Кемерово: Кузбассвузиздат, 1997. — С. 83–84.

Лукьянцев С.В., Вечер Л.Ф., Ерышов В.И. Оценка состояния территорий по реакциям беспозвоночных животных // Чтения памяти Ю.А. Львова. — Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1995. — С. 215–219.

Маладаев А.А. Влияние лантана на биологическую активность почв, урожай и качество растений: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Улан-Удэ, 2007. — 12 с.

Малый практикум по физиологии растений / Под ред. А.Т. Мокроносова. — М.: Изд-во МГУ, 1994. — 184 с.

Манаков Ю.А. Биологическое разнообразие и горнодобывающая промышленность в Кемеровской области // Рекультивация нарушенных земель в Сибири — Кемерово: ИНТ, 2005. — Вып. 1. — С. 39–48.

Манучаров А.С., Харитонов Г.В. Реологические свойства луговых текстурно-дифференцированных почв Среднеамурской низменности и их изменения под воздействием антропогенного фактора // Тез. докл. II съезда общества почвоведов (Санкт-Петербург, 27–30 июня 1996 г.). — СПб., 1996. — С. 96–97.

Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах, сельхозугодиях и продукции растениеводства. — М.: Центр. ин-т агрохим. обслуж. сел. хоз-ва, 1992. — 57 с.

Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. Современная наука о растительности : Учебник. — М.: Логос, 2001. — 87-118 с.

Мотузова Г.В. Содержание, задачи и методы почвенно-экологического мониторинга

га // Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв. — М.: Изд-во МГУ, 1994. — С. 80—104.

Муллагулова Э.Р., Муллагулов Р.Ю. Содержание тяжелых металлов в листьях лука поникающего // Вестник ТГУ. — 2014. — Т. 19, вып. 5. — С. 1321—1323.

Некрасова Т.П. Растительность альпийского и субальпийского поясов Чунатундры // Тр. Лапланд. гос. заповедника. — 1938. — Вып. 1. — С. 5—12.

Немерешина О.Н. О некоторых аспектах рационального использования лекарственных растений Предуралья // Изв. ОГАУ. — 2009. — № 2 (22). — С. 308—311.

Нефедьева Е.А., Яшина А.В. Роль снежного покрова в дифференциации ландшафтной сферы. — М.: Наука, 1985. — 144 с.

Новаковский А. Электронный журнал "Jahrbuch fur EcoAnalytic und EcoPatologic" // Методы ординации в современной геоботанике [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Article/A26/Ordinate.htm> (Дата обращения: 13.02.2015).

Норышева Р.А., Григорьев А.И. Биоиндикация техногенного загрязнения экосистем в городских условиях (на примере г. Омска). — Омск: Изд-во АНО ВПО "Омский экономический институт", 2008. — 100 с.

Орехов Д.И. Флуоресцентный анализ как инструмент оценки физиологического состояния деревьев в различных условиях загрязнения в г. Москве // Вестник Российского университета дружбы народов. — 2013. — № 5. — С. 5—16.

Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика. Монография. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — 600 с.

Онипченко В.Г. Функциональная фитоценология: синэкология растений. — М.: КРАСАНД, 2014. — 576 с.

Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. — М.: Наука, 1982. — 287 с.

Пономаренко А.В., Шатский И.М., Золотарев В.Н. Особенности возделывания костреца безостого (*Bromopsis inermis* (Leys). Holub.) на семена в условиях степной зоны Центрально-черноземного региона // Вестник Прикаспия. — 2014. — № 4. — С. 13—20.

Потапов В.П., Мазикин В.П., Счастливцев Е.Л., Вашлаева Н.Ю. Геоэкология угледобывающих районов Кузбасса. — Новосибирск: Наука, 2005. — 660 с.

Просяникова О.И. Почвенно-агрохимическое районирование и применение удобрений в Кемеровской области. — Кемерово; Кузбассвуиздат, 2007. — 212 с.

Работнов Т.А. Фитоценология. — М.: Изд-во МГУ, 1992. — 351 с.

Риклефс Р. Основы общей экологии. — М.: Мир, 1979. — 424 с.

Романенко В.Н., Лукьянцев С.В. Пауки как индикатор антропогенного воздействия // Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды: Тез. докл. Ме-

ждунар. конф. (Томск, 12–16 сентября 1995 г.). – Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1995. – С. 68–69.

Сборник инновационных решений по сохранению биоразнообразия для угледобывающего сектора/ под ред. С.А. Шейнфельд, Ю.А. Манаков. – Кемерово, Новокузнецк: ИнЭка, 2015. – 208 с.

Свинухов В.Г. Исследование, моделирование и прогноз загрязнения атмосферы в городе: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. – Владивосток, 1997. – 44 с.

Сембаев Ж.Х., Исмаилова А.А., Мухамегижанова З.Т. Гигиеническая оценка условий труда при открытой добыче угля вахтовым способом в Центральном Казахстане // Медицина труда и промышленная экология. – 2008. – № 2. – С. 22–25.

Семинихин В.А. Профессиональная патология у шахтеров Кузбасса: особенности формирования и профилактика: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Иркутск, 2006. – 253 с.

Сергеев М.Г. Новые места нахождения прямокрылых (Orthoptera) в Сибири и их возможное зоогеографическое значение // География и природные ресурсы. – 1989. – № 2. – С. 89–93.

Сидоров Д.А., Еремеева Н.И. Находки восточно-палеарктических пчёл-андрен (Hymenoptera, Apoidea, Andrenidae) в Кузнецко-Салаирской горной области // Евразийский энтомол. журнал. – 2010. – № 9(1). – С. 87–89.

Синский Э. Дж., Воловой Т.Г. Современные аппаратура и методы исследования биологических систем – Красноярск: Институт биофизики СО РАН, 2011. – 479 с.

Скальный А.В. Радиация, микроэлементы, антиоксиданты и иммунитет – М.: Лир Маркет, 2000. – 427 с.

Смашевский Н.Д. Практикум по физиологии растений: уч. пособие. – Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет», 2011. – 77 с.

Суцев Д.В., Бабенко А.С., Ефимов Д.А., Лукьянцев С.В. К изучению биологического разнообразия животных заказника «Караканский» // Вестник Кемеровского гос. ун-та. – 2015. – № 1–2 (61). – С. 30–34.

Счастливцев Е.Л. Формирование геоэкологической ситуации в угледобывающем комплексе Кузбасса // Рекультивация нарушенных земель в Сибири. – 2005. – Вып. 1. – С. 15–36.

Титлянова А.А., Базилевич Н.И., Снытко В.А. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. – Новосибирск: Наука, 1988. – 134 с.

Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. – Новосибирск: Наука, 1965. – 299 с.

Узенбаев С.Д. О месте пауков в комплексе хищных членистоногих болотного биоценоза Южной Карелии // Фауна и экология пауков СССР. – Л.: ЗИН АН СССР, 1985. – С. 78–83.

Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений. — М.: Логос, 2001. — 224 с.

Федорова А.И. Жизненные стратегии ценопопуляции костреца безостого *Bromopsis Inermis* (Leyss.) Holub. в условиях Лено-Вилуйского междуречья // Химия растительного сырья. — 2012. — № 2. — С. 101–104.

Христофорова Н.К. Экологические проблемы региона: Дальний Восток—Приморье. — Хабаровск: Кн. изд-во, 2005. — 304 с.

Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). — М.: Наука, 1976. — 214 с.

Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). — М., 1988. — 184 с.

Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. — СПб.: Академкнига, 1995. — 990 с.

Шевченко В.П. Влияние аэрозолей на среду и морское осадконакопление в Арктике. — М.: Наука, 2006. — 226 с.

Шеуджен А.Х., Алешин Н.Е., Досеева О.Е., Хизиреев М.С. Роль марганца в жизни растений и применение марганцевых удобрений в рисоводстве. — Махачкала, 1997. — 32 с.

Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. — Л.: Наука, 1974. — 323 с.

Шмакин А.Б., Харламова Н.Ф., Инсаров Г.Э. Современный климат Алтай-Саянского экорегиона и его изменение // Изменение климата и биоразнообразие российской части Алтае-Саянского экорегиона. — Красноярск, 2013. — С. 106–161.

Юркевич И.Д., Ярошенко Э.П. Биологическая продуктивность типов и ассоциаций сосновых лесов (по исследованиям в БССР). — Минск: Наука и техника, 1974. — 296 с.

Ягодин Б.А. Физико-биохимическая роль кобальта в организме растений // Биологическая роль кобальта: Тез. докл. на симпозиуме (Москва, 10–12 декабря 1969 г.). — М., 1969. — С. 3–5.

Alonso-Pérez S., Cuevas E., Cuevas E. et al. African dust source regions for observed dust outbreaks over the Subtropical Eastern North Atlantic region, above 25° N. // J. Arid Environ. — 2012. — N 78. — P. 100–109.

Amato F., Pandolfi M., Moreno T. Sources and variability of inhalable road dust particles in three European cities // Atmospheric Environ. 2011. — Vol. 45, N 37. — P. 6777–6787.

Bharti S., Banerjee T.K. Toxicity analysis of coal mine effluent on vital organs of *Heteropneustes fossilis* (Bloch) using biometric and biochemical parameters // CLEAN - Soil, Air, Water. — 2014. — Vol. 42, N 3. — P. 260–266.

Boawn L.C., Rasmussen P.E., Brown J.W. Relationship between tissue zinc levels and maturity period of field bean // Agron. J. — 1969. — Vol. 61. — P. 69–71.

Boldyreva A.A. Lanthanum Potentiates GABA-Activated currents in rat pyramidal

neurons of CA1 hippocampal Field // Bull. Exp. Biol. Med. — 2005. — Vol. 140. — N 4. — P. 403–405.

Bolhar-Nordenkamp H.R., Long S., Baker N.R., Oquist G., Schreiber U., Lechner E.G. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: A review of current instrumentation // Funct. Ecol. — 1989. — Vol. 3. — P. 497–514.

Briske D.D. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation // Foraging Strategies of Grazing Animals. — Wallingford: CAB International, 1996. — P. 37–67.

Butler W.L. Energy distribution in the photochemical apparatus of Photosynthesis // Annu. Rev. Plant Physiol. — 1978. — V. 29. — P. 345–378.

De Prado R., Dominguez C., Rodriguez I., Tena M. Photosynthetic activity and chloroplast structural characteristics in triazineresistant biotypes of three weed species // Physiol. Plant. — 1992. — V. 84. — P. 477–485.

Duysens L.N.M., Sweers E.H. Mechanism of the two photo-chemical reactions in algae as studied by means of fluorescence Studies on Microalgae and photosynthetic Bacteria // Jpn. Soc. Plant Physiol. — Tokyo, 1963. — P. 353–372.

Foyer C., Furbank R., Harbinson J., Horton P. The mechanisms contributing to photosynthetic control of electron transport by carbon assimilation in leaves // Photosynth. Res. 1990. Vol. 25. — P. 83–100.

Govindjee. Sixty-three years since Kautsky: Chlorophyll a fluorescence // Aust. J. Plant. Physiol. — 1995. Vol. 22. — P. 131–160.

Hammer O., Harper D.A., Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1). [Электронный ресурс] URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (Дата обращения 18.09.2014).

Henriques F.S. Leaf chlorophyll fluorescence: Background and fundamentals for plant biologists // Bot. Rev. — 2009. Vol. 75. — P. 249–270

Hirano S., Suzuki K.T. Exposure, metabolism, and toxicity of rare earths and related compounds // Environ. Health Perspect. — 1996. — V. 104, Suppl. 1. — P. 85–95.

Joshi M., Mohanty P. Probing photosynthetic performance by chlorophyll a fluorescence: Analysis and interpretation of fluorescence parameters // J. Sci. Ind. Res. — 1995. Vol. 54. — P. 155–174.

Joshi M., Mohanty P. Chlorophyll a Fluorescence as a Probe of Heavy Metal Ion Toxicity in Plants. Chlorophyll fluorescence: a signature of photosynthesis / ed. by Papageorgiou GC, Govindjee. Springer. — Dordrecht, 2004. — P. 447–461.

Krause G.H., Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The Basics // Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. — 1991. Vol. 42. — P. 313–49.

Kulmala M., Asmi A., Lappalainen H.K. et al. Corrigendum to “Introduction: European

Integrated Project on Aerosol Cloud Climate and Air Quality interactions (EUCAARI) – integrating aerosol research from nano to global scales” // *Atmospheric Chemistry and Physics*. – 2009. – N 9. – P. 2825–2841.

Kulmala M., Asmi A., Lappalainen H.K. et al. General overview: European Integrated –project on Aerosol Cloud Climate and Air Quality interactions (EUCAARI) – integrating aerosol research from nano to global scales // *Atmospheric Chemistry and Physics*. – 2011. – Vol. 11, N 6. – P. 17941–18160.

Kumar P., Hopke Ph.K., Raja S. et al. Characterization and heterogeneity of coarse particles across an urban area // *Atmospheric Environ.* – 2012. – N 46. – P. 449–459.

Lavorel J. Induction of fluorescence in Quinone poisoned *Chlorella* cells // *Plant. Physiol.* 1959. – Vol. 34. – P. 204–209.

Lichtenthaler H.K., Rinderle U. The role of chlorophyll fluorescence in the detection of stress conditions in plants // *CRC Crit ReVol. Analyl. Chem.* – 1988. – Vol. 19 (Supplement). – P. 29–85.

Loneragan J.F. The availability and absorption of trace elements in soilplant systems and their relation to movement and concentration of trace elements in plants // *Trace Elements in Soil-Plant-Animal Systems*. – N.Y., 1975. – P. 109.

Mahowald N., Ward D.S., Kloster S. Aerosol impacts on climate and biogeo-chemistry // *Ann. Rev. of Environ. and Res.* – 2011. – Vol. 36, N 1. – P. 45–74.

Meegoda J.N., Gao Sh., Al-Joulani N.M.A. et al. Solid waste and ecological issues of coal to energy // *J. of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*. – 2011. – Vol. 15, N 2. – P. 99–107.

Menon S., Unger N., Koch D. et al. Aerosol climate effects and air quality impacts from 1980 to 2030 // *Environ. Res. Lett.* – 2008. – Vol. 3, N 2. – P. 24–34.

Mertz W. Chromium occurrence and function in biological systems // *Physiol. Rev.* – 1969. – Vol. 49. – P. 163.

Morales F., Abadia A., Abadia J. Chlorophyll fluorescence and photon yield of oxygen evolution in iron-deficient sugar beet (*Beta vulgaris* L.) leaves // *Plant. Physiol.* – 1991. – Vol. 97. – P. 886–893.

Pietra R., Sabbioni E., Ubertalli L. Trace elements in tissues of a worker affected by rare earth pneumoconiosis. A study carried out by neutron activation analysis // *J. Radioanal. Nucl. Chem.* – 1985. – Vol. 92, N 2. – P. 247–259.

Price C.A., Clark H.E., Funkhouser E.A. Functions of micronutrients in plants // *Micronutrients in Agriculture*. – Madison, 1972. – P. 231.

Rim K.T., Koo K.H., Park J.S. Toxicological evaluations of rare earths and their health impacts to workers: a literature review // *Saf. Health Work.* – 2013. – Vol. 4, N 1. – P. 12–26.

Robinson W.O., Glen E. Minor elements in plants and some accumulator plants // *Soil Sci.* — 1945. — Vol. 60. — P. 15–28.

Romankova T.G., Astafurova Yu.V. Bees of the genus *Panurginus* in Siberia, Far East of Russia, and allies areas (Hymenoptera: Andrenidae, Panurginae) // *Zootaxa.* — 2010. — N 3112. — P. 1–35.

Ouzounidou G. Changes in variable chlorophyll fluorescence as a result of Cu-treatment dose response relations in *Silene* and *Thlaspi* // *Photosynthetica.* — 1993. — Vol. 29. — P. 455–462.

Schreiber U., Bilger W., Neubauer C. Chlorophyll fluorescence as a non-intrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis // *Ecophysiology of Photosynthesis* Springer (Ecological Studies, Vol 100). — Berlin, Heidelberg, New York, 1994. — P. 49–70.

Tiwary R.K. Environmental Impact of coal mining on water regime and its management // *Water, Air, and Soil Pollution.* — 2001. — Vol. 132, Issue 1–2. — P. 185–199.

Vetter H., Mahlhop R., Fruchtenicht K. Immissionstoffbelastung in der Nachbarschaft einer Blei- und Zinkhütte // *Berichte unter Landwirtschaft.* — 1974. — Bd 52, H. 2. — P. 273–350.

Vocaturro G., Colombo F., Zanoni M. et al. Human exposure to heavy metals. Rare earth pneumoconiosis in occupational workers // *Chest.* — 1983. — Vol. 83, N 5. — P. 780–783.

Wang R., Li F., Yang W., Zhang X. Eco-service enhancement in peri-urban area of coal mining city of Huaibei in East China // *Acta Ecologica Sinica.* — 2009. — Vol. 29, N 1. — P. 1–6.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Список видов сосудистых растений, отмеченных на учетных площадках Караканского мониторингового полигона (2012–2014 гг.)

№ п/п	Видовое богатство на учетных площадках	Трансекта 1	Трансекта 2	2012 г.	2013 г.	2014 г.
1	2	3	4	5	6	7
	Количество учетных площадок (п)	61	48	50	50	50
	Площадь, м ²	8800	7800	50	50	50
	Видовое богатство на площади	235	177	140	163	178
1	<i>Achillea asiatica</i> Serg.	8	2	12	14	16
2	<i>Achillea millefolium</i> L.	5				
3	<i>Aconitum barbatum</i> Pers.		4			
4	<i>Aconitum septentrionale</i> Koelle	15	15	8	10	10
5	<i>Aconitum volubile</i> Pall. ex Koelle	17	23	8	4	6
6	<i>Adenophora liliifolia</i> (L.) A. DC.	26	38	12	14	20
7	<i>Adonis vernalis</i> L.	5		6	4	4
8	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	4				
9	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb.			4	4	8
10	<i>Agrostis gigantea</i> Roth	2			4	
11	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	2				
12	<i>Allium nutans</i> L.	10	11	8	2	8
13	<i>Allium obliquum</i> L.	4				2
14	<i>Allium rubens</i> Schrad. ex Willd.	2	4	4	2	4
15	<i>Allium strictum</i> Schrad.					
16	<i>Alyssum obovatum</i> (C.A. Mey.) Turcz.					4
17	<i>Amoria hybrida</i> (L.) C. Presl	5		4		2

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7
18	<i>Amoria repens</i> (L.) C. Presl	2	2		6	4
19	<i>Andrachne filiformis</i> Pojark.				2	
20	<i>Androsace septentrionalis</i> L.					2
21	<i>Anemone sylvestris</i> L.	2				
22	<i>Angelica decurrens</i> (Ledeb.) B. Fedtsch.	4	4			
23	<i>Angelica sylvestris</i> L.	12	25	6	2	2
24	<i>Anthemis subtinctoria</i> Dobrocz.					
25	<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	5	11			
26	<i>Arabis glabra</i> (L.) Bernh.	5				
27	<i>Arctium tomentosum</i> Mill.	4				
28	<i>Artemisia commutata</i> Besser	2				
29	<i>Artemisia dracunculus</i> L.					
30	<i>Artemisia glauca</i> Pall. ex Willd.	2				
31	<i>Artemisia gmelinii</i> Weber	20	7	12	6	8
32	<i>Artemisia latifolia</i> Ledeb.	5	19	6	10	2
33	<i>Artemisia macrantha</i> Ledeb.		2			4
34	<i>Artemisia marschalliana</i> Spreng.			4		6
35	<i>Artemisia sieversiana</i> Willd.	5				
36	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	18	25	2	6	
37	<i>Aster alpinus</i> L.		2			6
38	<i>Astragalus ceratoides</i> M. Bieb.		2	2		4
39	<i>Astragalus danicus</i> Retz.	8	15			
40	<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	2	2			
41	<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br.	2				
42	<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	2				
43	<i>Betula pendula</i> Roth	13	13		2	
44	<i>Bistorta officinalis</i> Delabre	36	19	10	18	20
45	<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw.				2	2
46	<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.	46	57	48	58	62
47	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	41	7	2		

**Список видов сосудистых растений, отмеченных на учетных площадках
Караканского мониторингового полигона (2012–2014 гг.)**

1	2	3	4	5	6	7
48	<i>Bunias orientalis</i> L.	7				
49	<i>Bupleurum aureum</i> Fisch. ex Hoffm.	20	21	14	16	10
50	<i>Bupleurum longifolium</i> L.	7				
51	<i>Cacalia hastata</i> L.	7	9		2	4
52	<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	12	4		18	10
53	<i>Calamagrostis canescens</i> (Weber) Roth	10	21	36		
54	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	26	15	12	36	32
55	<i>Calamagrostis purpurea</i> (Trin.) Trin.	2	9	2	8	2
56	<i>Caltha palustris</i> L.	4	2			
57	<i>Campanula altaica</i> Ledeb.	8	2		4	4
58	<i>Campanula cervicaria</i> L.		2			
59	<i>Campanula glomerata</i> L.			2	8	4
60	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	2				
61	<i>Campanula sibirica</i> L.	4				
62	<i>Caragana arborescens</i> Lam.					
63	<i>Carduus crispus</i> L.	2				
64	<i>Carex acuta</i> L.	5	7			
65	<i>Carex leporina</i> L.					
66	<i>Carex macroura</i> Meinsh.			2		2
67	<i>Carex pallescens</i> L.					
68	<i>Carex pediformis</i> C.A. Mey.	13	4			
69	<i>Carex praecox</i> Schreb.				12	
70	<i>Carex supina</i> Willd. ex Wahlenb.	4		10	8	12
71	<i>Carlina biebersteinii</i> Bernh. ex Hornem.					
72	<i>Carum carvi</i> L.	7		4	2	4
73	<i>Centaurea scabiosa</i> L.	22	15	6	6	8
74	<i>Cerastium arvense</i> L.	4				2
75	<i>Cerastium davuricum</i> Fisch. ex Spreng.	5			2	
76	<i>Cerastium holosteoides</i> Fr.					4

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7
77	<i>Cerastium pauciflorum</i> Steven ex Ser.					2
78	<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	20	21	10	6	8
79	<i>Chenopodium album</i> L.					
80	<i>Chrysaspis aurea</i> (Pollich) Greene					
81	<i>Cimicifuga foetida</i> L.	2	9	2		
82	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	2				
83	<i>Cirsium helenioides</i> (L.) Hill	4	9		2	
84	<i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) Hill	10	2			
85	<i>Cirsium incanum</i> (S.G. Gmel.) Fisch.	7				
86	<i>Cirsium serratuloides</i> (L.) Hill	4	4			
87	<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Besser	43	13	30	22	30
88	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.					2
89	<i>Conium maculatum</i> L.	5			2	
90	<i>Convolvulus arvensis</i> L.			4		
91	<i>Corydalis bracteata</i> (Steph.) Pers.					2
92	<i>Cotoneaster melanocarpus</i> Fisch. ex Blytt	7	23	4	4	6
93	<i>Crepis lyrata</i> (L.) Froel.	13	25		4	
94	<i>Crepis praemorsa</i> (L.) Tausch	5	2			
95	<i>Crepis sibirica</i> L.	41	48	32	28	20
96	<i>Crepis tectorum</i> L.	2			2	4
97	<i>Cruciata krylovii</i> Iljin					
98	<i>Cuscuta europaea</i> L.				2	
99	<i>Cynoglossum officinale</i> L.	2				
100	<i>Cypripedium guttatum</i> Sw.					
101	<i>Cypripedium macranthon</i> Sw.					
102	<i>Dactylis glomerata</i> L.	49	36	26	46	52
103	<i>Dactylorhiza incarnata</i> (L.) Soa		2			2
104	<i>Delphinium elatum</i> L.	2	7			

**Список видов сосудистых растений, отмеченных на учетных площадках
Караканского мониторингового полигона (2012–2014 гг.)**

1	2	3	4	5	6	7
105	<i>Delphinium retropilosum</i> (Huth) Sambuk	23	13	6	6	4
106	<i>Dianthus superbus</i> L.	18	2			2
107	<i>Dianthus versicolor</i> Fisch. ex Link	7	4	8	4	
108	<i>Draba nemorosa</i> L.				6	
109	<i>Draba sibirica</i> (Pall.) Thell.					
110	<i>Dracocephalum nutans</i> L.	8			4	14
111	<i>Dracocephalum ruyschiana</i> L.	28	21	6	14	8
112	<i>Elymus mutabilis</i> (Drobow) Tzvel.					
113	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	18		4	2	2
114	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	8				
115	<i>Equisetum arvense</i> L.	5				
116	<i>Equisetum fluviatile</i> L.		2			
117	<i>Equisetum palustre</i> L.		2			
118	<i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	10				
119	<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	17	11	4	2	10
120	<i>Erigeron acris</i> L.				2	
121	<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	5				
122	<i>Erythronium sibiricum</i> (Fisch. & C.A. Mey.) Krylov	10	7			2
123	<i>Euphorbia borealis</i> Baikov					2
124	<i>Euphorbia lutescens</i> Ledeb.	35	34	14	20	14
125	<i>Euphorbia rossica</i> P. Smirn.	4			2	4
126	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	2		2	2	2
127	<i>Euphrasia pectinata</i> Ten.				4	8
128	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Love					
129	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	28	2	14	16	16
130	<i>Festuca pseudovina</i> Hack. ex Wiesb.	10	15	6	10	10
131	<i>Festuca rubra</i> L.	12				
132	<i>Filipendula stepposa</i> Juz.	4	25			
133	<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	56	27	40	40	34

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7
134	<i>Filipendula vulgaris</i> Moench	15	15	4	8	16
135	<i>Fragaria vesca</i> L.		11	2	2	8
136	<i>Fragaria virginiana</i> (Duchesne) Mill.	2				
137	<i>Fragaria viridis</i> (Duchesne) Weston	13		12	20	24
138	<i>Galatella angustissima</i> (Tausch) Novopokr.		7	4	8	6
139	<i>Galatella biflora</i> (L.) Nees	15	21	6	8	8
140	<i>Galeopsis bifida</i> Boenn.					
141	<i>Galeopsis ladanum</i> L.					
142	<i>Galium aparine</i> L.		2			
143	<i>Galium boreale</i> L.	72	61	50	56	60
144	<i>Galium mollugo</i> L.	18	2		12	4
145	<i>Galium septentrionale</i> Roem. et Schult.		7			
146	<i>Galium verum</i> L.	41	48	30	20	28
147	<i>Gentiana macrophylla</i> Pall.		2			
148	<i>Gentiana pneumonanthe</i> L.			2		
149	<i>Geranium bifolium</i> Patrin					
150	<i>Geranium pratense</i> L.	2	2			
151	<i>Geranium pseudosibiricum</i> J. Mayer	23	17	20	12	38
152	<i>Geranium sylvaticum</i> L.	10	11	2	8	
153	<i>Geum aleppicum</i> Jacq.			2	2	2
154	<i>Geum rivale</i> L.					
155	<i>Goniolimon speciosum</i> (L.) Boiss.					
156	<i>Gypsophila patrinii</i> Ser.		2			
157	<i>Helictotrichon desertorum</i> (Less.) Nevski	4	13	8		2
158	<i>Helictotrichon pubescens</i> (Huds.) Pilg.	22	9	2	4	6
159	<i>Hemerocallis minor</i> Mill.	12	23	6	6	6
160	<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.	41	32	4	8	12
161	<i>Hieracium umbellatum</i> L.	35	11	28	24	12

**Список видов сосудистых растений, отмеченных на учетных площадках
Караканского мониторингового полигона (2012–2014 гг.)**

1	2	3	4	5	6	7
162	<i>Hieracium virosum</i> Pall.	5	2		2	2
163	<i>Humulus lupulus</i> L.	2				
164	<i>Hypericum hirsutum</i> L.	2				
165	<i>Hypericum perforatum</i> L.	7		2	6	4
166	<i>Impatiens noli-tangere</i> L.	4				
167	<i>Inula salicina</i> L.	41	42	26	46	22
168	<i>Iris ruthenica</i> Ker Gawl.	25	17	12	10	6
169	<i>Jacobaea erucifolia</i> (L.) Gaertn., Mey. et Scherb.					
170	<i>Jacobaea nemorensis</i> (L.) E. Wiebe	4	9			
171	<i>Jacobaea sarracenica</i> (L.) Moench	2	7			2
172	<i>Jacobaea vulgaris</i> Gaertn.	2	4			
173	<i>Koeleria cristata</i> (L.) Pers.	5			2	2
174	<i>Lamium album</i> L.	5	9	2	4	
175	<i>Lathyrus gmelinii</i> Fritsch	18	34	12	16	
176	<i>Lathyrus humilis</i> (Ser.) Spreng.				16	
177	<i>Lathyrus pisiformis</i> L.	23	15	22	10	4
178	<i>Lathyrus pratensis</i> L.	40	25	8	22	12
179	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	4			8	14
180	<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	22	4	2	2	2
181	<i>Leontodon autumnalis</i> L.			6		6
182	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	2		6	6	8
183	<i>Ligularia glauca</i> (L.) O. Hoffm.	8			2	6
184	<i>Ligularia sibirica</i> (L.) Cass.	7	7			
185	<i>Lilium pilosiusculum</i> (Frey) Miscz.	33	44	6	10	10
186	<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	8	4	2	10	20
187	<i>Lithospermum officinale</i> L.	2		2	2	2
188	<i>Lupinaster pentaphyllus</i> Moench	26	17	24	26	10
189	<i>Lychnis chalconica</i> L.	8	7			
190	<i>Lycopus europaeus</i> L.	2				

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7
191	<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	8	7			
192	<i>Matteuccia struthiopteris</i> (L.) Tod.	2				
193	<i>Medicago falcata</i> L.	7		2		
194	<i>Medicago lupulina</i> L.	5				
195	<i>Melandrium album</i> (Mill.) Garcke		2			2
196	<i>Melica nutans</i> L.	4	9			
197	<i>Melilotoides platycarpus</i> (L.) Sojak	7	7			
198	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	4				
199	<i>Milium effusum</i> L.		7			
200	<i>Myosotis imitata</i> Serg.					2
201	<i>Myosotis palustris</i> (L.) L.	7	4	2	2	10
202	<i>Nepeta pannonica</i> L.	2			6	
203	<i>Oberna behen</i> (L.) Ikonn.					
204	<i>Omalotheca sylvatica</i> (L.) Sch. Bip. & F.W. Schultz					2
205	<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.	15	7		8	6
206	<i>Onosma simplicissima</i> L.	5	15	2	2	6
207	<i>Origanum vulgare</i> L.	25	11	22	18	6
208	<i>Orostachys spinosa</i> (L.) C.A. Mey.	2	7			
209	<i>Otites wolgensis</i> (Hornem.) Grossh.	2				6
210	<i>Otites jenissensis</i> Klok.					
211	<i>Oxytropis campanulata</i> Vassilcz.	5	4	4	2	4
212	<i>Padus avium</i> Mill.	5	7			
213	<i>Paris quadrifolia</i> L.	2	4			
214	<i>Pastinaca sylvestris</i> Mill.					
215	<i>Pedicularis incarnata</i> L.				4	2
216	<i>Pedicularis sibirica</i> Vved.	9	21			
217	<i>Peucedanum morisonii</i> Besser ex Spreng.	28	40	26	32	22
218	<i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rauschert		2			

**Список видов сосудистых растений, отмеченных на учетных площадках
Караканского мониторингового полигона (2012–2014 гг.)**

1	2	3	4	5	6	7
219	<i>Phleum phleoides</i> (L.) H. Karst.	5	4		16	6
220	<i>Phleum pratense</i> L.	10	2	20	6	12
221	<i>Phlomoides tuberosa</i> (L.) Moench	54	32	32	42	40
222	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	23	19			
223	<i>Picris hieracioides</i> L.					
224	<i>Pilosella echinoides</i> (Lumn.) F. Schultz & Sch. Bip.			2		
225	<i>Pilosella lydiae</i> (Schischk. & Steinb.) Tupitzina				4	2
226	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	4	2	16	16	12
227	<i>Plantago lanceolata</i> L.				2	
228	<i>Plantago major</i> L.	2		2		
229	<i>Plantago media</i> L.	15	25	12	10	8
230	<i>Plantago urvillei</i> Opiz				2	8
231	<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.					4
232	<i>Pleurospermum uralense</i> Hoffm.	8	13		6	4
233	<i>Poa angustifolia</i> L.	15	15	20	6	24
234	<i>Poa palustris</i> L.	26	32	8	20	10
235	<i>Poa pratensis</i> L.	31	11	14	22	4
236	<i>Poa sibirica</i> Roshev.		2			2
237	<i>Poa transbaicalica</i> Roshev.	10	4	2	4	
238	<i>Poa urssulensis</i> Trin.					4
239	<i>Polemonium caeruleum</i> L.	13	13	2	6	2
240	<i>Polygala comosa</i> Schkuhr	13				
241	<i>Polygala sibirica</i> L.		7			
242	<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	41	44	20	36	38
243	<i>Polygonum aviculare</i> L.	5				
244	<i>Populus tremula</i> L.		11			
245	<i>Potentilla argentea</i> L.	3			6	4
246	<i>Potentilla bifurca</i> L.	2	15	2		4

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7
247	<i>Potentilla canescens</i> Besser	2				
248	<i>Potentilla chrysantha</i> Trevir.	4		2		8
249	<i>Potentilla fragarioides</i> L.			2	2	2
250	<i>Potentilla humifusa</i> Willd. ex Schltldl.		13	2	4	6
251	<i>Potentilla longifolia</i> Willd. ex Schltldl.					2
252	<i>Primula cortusoides</i> L.					2
253	<i>Prunella vulgaris</i> L.	2		4	10	8
254	<i>Ptarmica impatiens</i> (L.) DC.	36	34	12	16	14
255	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	17	32	22	26	18
256	<i>Pulmonaria mollis</i> Wulfen ex Hornem.	25	32	16	26	10
257	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	8	28	12	12	6
258	<i>Ranunculus monophyllus</i> Ovez.	20	15		20	36
259	<i>Ranunculus polyanthemus</i> L.	13	2	4	8	8
260	<i>Ranunculus propinquus</i> C.A. Mey.					
261	<i>Rhinanthus serotinus</i> (Schoenh.) Oborny					
262	<i>Rhinanthus vernalis</i> (N.W. Zinger) Schischk. & Serg.	10		2	10	6
263	<i>Ribes atropurpureum</i> C.A. Mey.	4				
264	<i>Ribes nigrum</i> L.	4				
265	<i>Rosa acicularis</i> Lindl.		13	6		
266	<i>Rosa majalis</i> Herrm.					2
267	<i>Rubus saxatilis</i> L.	45	38	40	32	34
268	<i>Rumex acetosa</i> L.					4
269	<i>Rumex confertus</i> Willd.	2				
270	<i>Salix caprea</i> L.	5				
271	<i>Salix cinerea</i> L.	2				
272	<i>Salix pentandra</i> L.	2				
273	<i>Salix viminalis</i> L.	4				
274	<i>Salsola collina</i> Pall.	2				

**Список видов сосудистых растений, отмеченных на учетных площадках
Караканского мониторингового полигона (2012–2014 гг.)**

1	2	3	4	5	6	7
275	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	59	59	46	48	50
276	<i>Saussurea controversa</i> DC.		2			
277	<i>Saussurea latifolia</i> Ledeb.					6
278	<i>Scabiosa ochroleuca</i> L.	2	4		2	10
279	<i>Scirpus sylvaticus</i> L.		2			
280	<i>Scorzonera austriaca</i> Willd.	5	13	4	2	8
281	<i>Scrophularia nodosa</i> L.		9			2
282	<i>Sedum aizoon</i> L.		2			
283	<i>Sedum hybridum</i> L.	5	7	4		6
284	<i>Sedum telephium</i> L.					4
285	<i>Serratula coronata</i> L.	31	29	18	16	12
286	<i>Seseli libanotis</i> (L.) W.D.J. Koch	36	29	8	20	4
287	<i>Silene nutans</i> L.	7		2		
288	<i>Silene repens</i> Patrin				18	
289	<i>Solidago virgaurea</i> L.	6		4		6
290	<i>Sonchus arvensis</i> L.	5		2	2	4
291	<i>Sorbus sibirica</i> Hedl.		2			
292	<i>Spiraea chamaedryfolia</i> L.	2	4			
293	<i>Spiraea hypericifolia</i> L.					
294	<i>Spiraea media</i> Schmidt	5		4		4
295	<i>Stellaria bungeana</i> Fenzl				2	
296	<i>Stellaria graminea</i> L.	18		2	8	12
297	<i>Stipa dasyphylla</i> (Lindem.) Trautv.					
298	<i>Stipa pennata</i> L.	15	40	20	16	14
299	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	26		2		2
300	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	12	4	12	18	16
301	<i>Tephrosia integrifolia</i> (L.) Holub	7	13			
302	<i>Thalictrum foetidum</i> L.	2		2		
303	<i>Thalictrum minus</i> L.	28	17	8	14	14
304	<i>Thalictrum petaloideum</i> L.	2				

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7
305	<i>Thalictrum simplex</i> L.	40	38	30	32	18
306	<i>Thelypteris palustris</i> Schott		2			
307	<i>Thesium refractum</i> C.A. Mey.	2				
308	<i>Tragopogon orientalis</i> L.	17	2	4		
309	<i>Trifolium pratense</i> L.	12		6	12	6
310	<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.	5				
311	<i>Trollius asiaticus</i> L.	43	46	32	32	32
312	<i>Trommsdorffia maculata</i> (L.) Bernh.	17	19	4	18	12
313	<i>Tussilago farfara</i> L.			2	2	
314	<i>Urtica dioica</i> L.	22	7		4	2
315	<i>Urtica galeopsifolia</i> Wierzb. ex Opiz					
316	<i>Veratrum lobelianum</i> Bernh.	40	32	8	16	12
317	<i>Veratrum nigrum</i> L.	4	2	2	2	
318	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	2		8	10	24
319	<i>Veronica incana</i> L.	5	9	2	2	10
320	<i>Veronica krylovii</i> Schischk.	12	2		12	2
321	<i>Veronica longifolia</i> L.	30	11			
322	<i>Veronica pinnata</i> L.		2			
323	<i>Veronica porphyriana</i> Pavlov				4	
324	<i>Veronica spicata</i> L.				2	2
325	<i>Viburnum opulus</i> L.	2				
326	<i>Vicia amoena</i> Fisch.	2			2	6
327	<i>Vicia cracca</i> L.	54	21	32	34	42
328	<i>Vicia lilacina</i> Ledeb.	8	21	8	4	
329	<i>Vicia megalotropis</i> Ledeb.	13				
330	<i>Vicia nervata</i> Sipliv.		21	14	10	2
331	<i>Vicia sepium</i> L.	4	4		4	10
332	<i>Vicia sylvatica</i> L.	17	17	4	2	2
333	<i>Vicia tenuifolia</i> Roth					2

**Список видов сосудистых растений, отмеченных на учетных площадках
Караканского мониторингового полигона (2012–2014 гг.)**

1	2	3	4	5	6	7
334	<i>Vicia unijuga</i> A. Braun	30	34	16	12	14
335	<i>Viola accrescens</i> Klok.					
336	<i>Viola arenaria</i> DC. & DC.	2	2	2		2
337	<i>Viola arvensis</i> Murray			2	2	
338	<i>Viola canina</i> L.			4	4	16
339	<i>Viola hirta</i> L.	8		4	14	10
340	<i>Viola mirabilis</i> L.		2		2	4
341	<i>Viola montana</i> L.	2				2
342	<i>Viola nemoralis</i> Kutz.					
343	<i>Viola uniflora</i> L.	10	26	8	28	34

Примечание.

В столбцах таблицы представлены:

- 1 — № по порядку — общее количество видов по учетам 2012–2014 гг.
(данные описаний и списков);
- 2 — название видов;
- 3 — встречаемость вида в % по данным полных геоботанических описаний (2012 г.)
на трансекте 1;
- 4 — встречаемость вида в % по данным полных геоботанических описаний (2012 г.)
на трансекте 2;
- 5 — встречаемость вида в % по данным учета на МП за 2012 г.;
- 6 — встречаемость вида в % по данным учета на МП за 2013 г.;
- 7 — встречаемость вида в % по данным учета на МП за 2014 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**Численность видов на учетных площадках (УП)
Караканского мониторингового полигона
(М – средний показатель численности по 5 ПП, особ./м²;
±m – ошибка средней)**

Вид	М	±m	М	±m	М	±m
1	2	3	4	5	6	7
МП № 1 (северный кластер)						
	УП 12-1		УП 13-1		УП 14-1	
<i>Aconitum volubile</i>					0,8	0,37
<i>Adenophora liliifolia</i>	0,4	0,24	0,6	0,32	2,2	1,24
<i>Agrimonia pilosa</i>					0,2	0,20
<i>Agrostis gigantea</i>			0,8	0,00		
<i>Bistorta officinalis</i>	0,4	0,24	1,0	0,22	0,4	0,24
<i>Botrychium lunaria</i>			0,8	0,00		
<i>Brachypodium pinnatum</i>	28,4	3,04	13,8	1,71	51,8	9,84
<i>Bromopsis inermis</i>	0,6	0,60				
<i>Bupleurum aureum</i>	0,6	0,60				
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	8,8	3,88	14,6	3,23	7,6	2,25
<i>Campanula altaica</i>			1,2	0,00		
<i>Campanula glomerata</i>	0,2	0,20	0,6	0,32	0,2	0,20
<i>Cimicifuga foetida</i>	0,2	0,20				
<i>Cirsium setosum</i>			1,8	2,21	0,2	0,20
<i>Crepis sibirica</i>	0,8	0,37	1,4	0,68	0,6	0,60
<i>Dactylis glomerata</i>	0,2	0,20	6,4	3,01	0,4	0,40
<i>Dracocephalum ruyschiana</i>			2,6	3,47	0,8	0,80
<i>Equisetum sylvaticum</i>					1,0	1,00
<i>Euphorbia lutescens</i>	0,2	0,20	0,2	0,00		
<i>Filipendula ulmaria</i>	0,4	0,24	1,4	0,32	2,8	2,55
<i>Filipendula vulgaris</i>			0,4	0,00	0,8	0,80

Численность видов на учетных площадках Караканского мониторингового полигона

1	2	3	4	5	6	7
МП № 1 (северный кластер)						
<i>Fragaria vesca</i>					1,6	1,12
<i>Galium boreale</i>	3,6	0,75	8,2	2,41	13,4	2,50
<i>Galium verum</i>	0,2	0,20				
<i>Gentiana pneumonanthe</i>	0,2	0,20				
<i>Geranium bifolium</i>			1,0	0,95		
<i>Heracleum dissectum</i>	0,2	0,20	0,2	0,00		
<i>Hieracium umbellatum</i>	6,6	2,56	5,0	1,87	4,6	2,01
<i>Inula salicina</i>	1,8	0,80	8,8	4,20	2,8	2,13
<i>Lathyrus gmelinii</i>	0,4	0,40	0,8	0,63		
<i>Lathyrus pisiiformis</i>					0,2	0,20
<i>Lathyrus pratensis</i>	0,2	0,20			1,8	1,35
<i>Lathyrus vernus</i>	0,2	0,20	0,2	0,00		
<i>Lilium pilosiusculum</i>	0,2	0,20	0,2	0,00	0,2	0,20
<i>Linaria vulgaris</i>					0,6	0,60
<i>Lupinaster pentaphyllus</i>	0,2	0,20	1,0	0,00	2,0	1,55
<i>Origanum vulgare</i>	0,2	0,20	0,4	0,00		
<i>Pedicularis incarnata</i>			0,8	0,00	0,4	0,40
<i>Phleum phleoides</i>			0,6	0,00		
<i>Phleum pratense</i>	0,4	0,40				
<i>Platanthera bifolia</i>					0,6	0,40
<i>Poa pratensis</i>	1,4	0,98			0,2	0,20
<i>Poa sibirica</i>			1,0	0,00		
<i>Polygonatum odoratum</i>	2,0	1,76	0,8	0,00	1,2	0,73
<i>Potentilla fragarioides</i>	0,2	0,20	0,6	0,00	0,2	0,20
<i>Ptarmica impatiens</i>	1,4	1,16	2,0	0,93	1,6	0,51
<i>Pteridium aquilinum</i>	1,0	0,77	1,4	0,68		
<i>Pulmonaria mollis</i>	0,2	0,20	0,6	0,32		
<i>Ranunculus monophyllus</i>			4,6	2,81	18,4	6,86
<i>Rubus saxatilis</i>	1,8	0,86	7,0	0,76	4,6	1,50

Приложение 2

1	2	3	4	5	6	7
МП № 1 (северный кластер)						
<i>Sanguisorba officinalis</i>	0,8	0,49	2,4	1,18	10,4	3,33
<i>Seseli libanotis</i>					0,6	0,60
<i>Silene nutans</i>	0,2	0,20				
<i>Tanacetum vulgare</i>	0,4	0,40			3,2	3,19
<i>Thalictrum minus</i>	0,2	0,20				
<i>Thalictrum simplex</i>	0,4	0,40	1,8	0,89	0,8	0,58
<i>Trollius asiaticus</i>	4,2	0,37	5,0	1,26	9,4	3,47
<i>Trommsdorffia maculata</i>			0,4	0,00	0,8	0,58
<i>Veratrum lobelianum</i>	0,6	0,40	1,0	0,26	0,6	0,40
<i>Vicia cracca</i>	1,2	0,37	1,4	0,32	0,2	0,20
<i>Vicia sepium</i>			0,4	0,00	3,6	3,10
<i>Vicia sylvatica</i>			0,2	0,00		
<i>Vicia unijuga</i>	0,2	0,20	0,6	0,32	0,8	0,37
<i>Viola arvensis</i>	1,0	1,00				
<i>Viola canina</i>			0,6	0,00	1,2	0,80
<i>Viola hirta</i>			0,4	0,00	0,2	0,20
<i>Viola uniflora</i>			1,4	0,26	8,8	6,12
МП № 2 (северный кластер)						
	УП12-2		УП13-2		УП14-2	
<i>Adenophora liliifolia</i>			1,0	0,95		
<i>Agrostis tenuis</i>			0,2	0,00		
<i>Angelica sylvestris</i>	0,2	0,20	0,6	0,00		
<i>Bistorta officinalis</i>	0,2	0,20			0,2	0,20
<i>Botrychium lunaria</i>					0,2	0,20
<i>Brachypodium pinnatum</i>	27,0	6,91	19,0	3,81	80,4	12,17
<i>Bupleurum aureum</i>					0,4	0,24
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	16,2	11,14	6,4	0,63		
<i>Calamagrostis epigeios</i>			2,0	0,00	3,0	2,99
<i>Campanula altaica</i>					0,6	0,60

Численность видов на учетных площадках Караканского мониторингового полигона

1	2	3	4	5	6	7
МП № 2 (северный кластер)						
<i>Campanula glomerata</i>			3,2	0,00	0,2	0,20
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	0,2	0,20				
<i>Corydalis bracteata</i>					0,2	0,20
<i>Crepis sibirica</i>	1,6	0,68	3,0	0,76	1,0	0,77
<i>Dactylis glomerata</i>	0,2	0,20	4,0	0,63	7,8	3,42
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>			0,2	0,00		
<i>Dactylorhiza incarnata</i>					0,2	0,20
<i>Euphorbia lutescens</i>			0,6	0,00	0,4	0,24
<i>Filipendula ulmaria</i>			0,2	0,00		
<i>Galium boreale</i>	4,2	1,82	16,8	5,44	21,0	8,36
<i>Geranium bifolium</i>			0,4	0,00		
<i>Geranium pseudosibiricum</i>	1,4	0,93			0,8	0,37
<i>Helictotrichon pubescens</i>	0,2	0,20	0,4	0,00	2,2	1,16
<i>Heracleum dissectum</i>	0,2	0,20	0,2	0,00	0,4	0,24
<i>Hieracium umbellatum</i>	5,8	1,11	3,0	3,47	2,0	1,76
<i>Inula salicina</i>	4,6	1,53	6,4	1,57	3,0	1,05
<i>Iris ruthenica</i>	0,2	0,20				
<i>Jacobaea sarracenica</i>					0,4	0,40
<i>Lathyrus gmelinii</i>	1,0	0,77	1,2	0,26		
<i>Lathyrus pisiformis</i>	0,4	0,24	0,2	0,00	0,2	0,20
<i>Lathyrus tuberosus</i>					0,2	0,20
<i>Lathyrus vernus</i>					0,6	0,60
<i>Lilium pilosiusculum</i>			0,2	0,00	0,6	0,40
<i>Lupinaster pentaphyllus</i>	4,2	2,98	0,4	0,00	0,2	0,20
<i>Pleurospermum uralense</i>			1,2	0,45	0,4	0,24
<i>Poa pratensis</i>	0,2	0,20	0,6	0,00		
<i>Polygonatum odoratum</i>			1,4	1,58	0,2	0,20
<i>Primula cortusoides</i>					0,2	0,20
<i>Ptarmica impatiens</i>	0,2	0,20	0,6	0,00		

Приложение 2

1	2	3	4	5	6	7
МП № 2 (северный кластер)						
<i>Pteridium aquilinum</i>	3,8	0,20	5,2	1,39	10,8	3,81
<i>Pulmonaria mollis</i>	0,4	0,40	1,2	0,45		
<i>Ranunculus monophyllus</i>			5,2	0,85	14,6	4,54
<i>Rubus saxatilis</i>	1,4	0,87	0,4	0,00	1,8	0,73
<i>Sanguisorba officinalis</i>	4,0	1,22	5,0	1,84	1,2	0,58
<i>Solidago virgaurea</i>	0,2	0,20			0,6	0,40
<i>Taraxacum officinale</i>	0,2	0,20				
<i>Thalictrum minus</i>			0,2	0,00	4,0	1,41
<i>Thalictrum simplex</i>	1,8	1,11	1,6	0,00		
<i>Trollius asiaticus</i>	4,6	0,68	7,4	2,15	4,4	1,21
<i>Veratrum lobelianum</i>			0,2	0,00	0,2	0,20
<i>Vicia cracca</i>	0,2	0,20	6,6	2,84	1,4	0,98
<i>Vicia unijuga</i>	0,2	0,20			1,0	1,00
<i>Viola canina</i>					0,2	0,20
<i>Viola hirta</i>	0,2	0,20				
<i>Viola uniflora</i>	1,4	1,40	7,8	2,55	4,2	2,06
МП № 3 (северный кластер)						
	УП 12-3		УП 13-3		УП 14-3	
<i>Adonis vernalis</i>	2,4	1,69	1,6	1,89	0,2	0,20
<i>Agrimonia pilosa</i>					0,2	0,20
<i>Allium nutans</i>	11,2	3,56	0,6	0,00	8,2	3,67
<i>Androsace filiformis</i>			1,4	0,00		
<i>Artemisia gmelinii</i>	6,8	4,25	2,6	0,26	2,2	1,32
<i>Artemisia latifolia</i>			0,2	0,00		
<i>Brachypodium pinnatum</i>	0,8	0,80	3,0	0,32		
<i>Calamagrostis epigeios</i>			6,0	1,18	6,4	4,00
<i>Carex supina</i>	3,6	3,35			6,2	3,82
<i>Cerastium pauciflorum</i>					0,8	0,80
<i>Cotoneaster melanocarpus</i>					1,6	1,60

Численность видов на учетных площадках Караканского мониторингового полигона

1	2	3	4	5	6	7
МП № 3 (северный кластер)						
<i>Delphinium retropilosum</i>			0,2	0,00	0,4	0,40
<i>Dianthus versicolor</i>	0,4	0,24	0,2	0,00		
<i>Draba nemorosa</i>			5,8	0,00		
<i>Dracocephalum nutans</i>			0,2	0,00	4,6	1,99
<i>Dracocephalum ruyschiana</i>	0,4	0,40	1,0	0,95	0,2	0,20
<i>Elytrigia repens</i>	0,2	0,20	0,4	0,00		
<i>Euphorbia subcordata</i>					0,2	0,20
<i>Festuca pseudovina</i>	2,4	2,15	2,2	2,84	1,4	0,75
<i>Filipendula ulmaria</i>	0,2	0,20	8,2	4,58	1,2	1,20
<i>Filipendula vulgaris</i>					3,2	3,19
<i>Fragaria viridis</i>	0,2	0,20	1,8	0,00	12,6	6,10
<i>Galatella angustissima</i>	0,4	0,40	0,2	0,00	0,4	0,40
<i>Galatella biflora</i>			5,4	0,00	1,4	1,40
<i>Galium boreale</i>	0,2	0,20	3,4	3,47	1,6	1,60
<i>Galium verum</i>	1,4	0,68	1,2	0,00	5,4	2,42
<i>Geranium bifolium</i>			1,6	0,00		
<i>Helictotrichon desertorum</i>	0,8	0,80			1,2	1,20
<i>Inula salicina</i>			2,6	0,68		
<i>Iris ruthenica</i>			1,4	0,00		
<i>Lathyrus humilis</i>			1,8	0,95		
<i>Lathyrus pratensis</i>			0,4	0,00	0,6	0,60
<i>Lupinaster pentaphyllus</i>			0,6	0,32	1,0	1,00
<i>Myosotis palustris</i>					0,8	0,80
<i>Nepeta pannonica</i>			0,6	0,00		
<i>Onobrychis arenaria</i>			1,4	1,58	3,4	1,47
<i>Origanum vulgare</i>			1,6	0,00		
<i>Peucedanum morisonii</i>	1,6	0,60	2,6	0,60	1,2	0,58
<i>Phleum phleoides</i>			2,4	1,26		
<i>Phlomis tuberosa</i>	1,2	0,80	3,6	0,68	1,2	0,58

Приложение 2

1	2	3	4	5	6	7
МП № 3 (северный кластер)						
<i>Pilosella echioides</i>	0,6	0,60				
<i>Plantago urvillei</i>					0,6	0,60
<i>Poa angustifolia</i>			12,0	3,16	0,6	0,60
<i>Poa palustris</i>	3,4	3,39			11,4	7,26
<i>Poa pratensis</i>			3,0	0,00		
<i>Poa urssulensis</i>	0,6	0,60	17,4	8,79		
<i>Polygonatum odoratum</i>	1,0	0,63	9,4	2,32	0,2	0,20
<i>Potentilla bifurca</i>					0,2	0,20
<i>Potentilla chrysantha</i>					0,6	0,40
<i>Potentilla longifolia</i>					0,2	0,20
<i>Pulsatilla patens</i>	0,6	0,60	1,8	2,21		
<i>Ranunculus polyanthemos</i>			0,2	0,00		
<i>Rubus saxatilis</i>					0,4	0,40
<i>Rumex acetosa</i>					0,4	0,24
<i>Sanguisorba officinalis</i>			4,8	0,00	3,6	3,59
<i>Scabiosa ochroleuca</i>					0,2	0,20
<i>Sedum telephium</i>					0,8	0,49
<i>Serratula coronata</i>	0,2	0,20	0,6	0,32	0,8	0,49
<i>Seseli libanotis</i>			1,6	0,68		
<i>Solidago virgaurea</i>					0,6	0,60
<i>Spiraea media</i>					0,8	0,58
<i>Stipa pennata</i>	4,8	1,32	2,0	1,26	3,4	1,57
<i>Taraxacum officinale</i>					0,4	0,40
<i>Thalictrum simplex</i>	0,4	0,40	3,6	2,05	0,6	0,60
<i>Trommsdorffia maculata</i>			0,4	0,00	0,2	0,20
<i>Veratrum lobelianum</i>			0,2	0,00		
<i>Veronica krylovii</i>			0,8	0,00		
<i>Veronica spicata</i>			0,4	0,00	2,4	2,40
<i>Vicia cracca</i>	4,0	2,09	5,6	1,80	4,0	3,52

Численность видов на учетных площадках Караканского мониторингового полигона

1	2	3	4	5	6	7
МП № 3 (северный кластер)						
<i>Vicia sepium</i>					0,4	0,40
<i>Viola hirta</i>					0,2	0,20
МП № 4 (северный кластер)						
	УП 12-4		УП 13-4		УП 14-4	
<i>Achillea asiatica</i>					0,2	0,20
<i>Aconitum septentrionale</i>					0,8	0,37
<i>Adenophora liliifolia</i>	0,6	0,24	1,0	0,32	1,8	0,97
<i>Adonis vernalis</i>					0,2	0,20
<i>Artemisia gmelinii</i>	2,2	1,20			0,4	0,40
<i>Brachypodium pinnatum</i>	14,8	4,12	14,6	1,56	62,4	15,39
<i>Calamagrostis arundinacea</i>			5,4	2,21		
<i>Calamagrostis epigeios</i>			4,0	0,00	4,2	2,78
<i>Campanula glomerata</i>			0,6	0,00		
<i>Chamaenerion angustifolium</i>			0,2	0,00		
<i>Cirsium setosum</i>	0,6	0,40	0,4	0,00	0,4	0,40
<i>Crepis sibirica</i>	0,6	0,24	0,8	0,63	0,8	0,49
<i>Dactylis glomerata</i>			1,6	0,00	5,6	4,25
<i>Delphinium retropilosum</i>	0,8	0,58	4,4	3,79	0,2	0,20
<i>Euphorbia lutescens</i>	0,4	0,24	0,8	0,00	0,6	0,60
<i>Filipendula ulmaria</i>	1,6	0,75	5,4	1,34	4,6	1,50
<i>Fragaria viridis</i>			0,2	0,00	0,6	0,60
<i>Galatella biflora</i>	1,8	1,20	3,2	0,00		
<i>Galium boreale</i>			11,4	3,37	6,2	3,56
<i>Galium verum</i>	1,2	0,58	1,6	0,68	3,8	2,10
<i>Geranium bifolium</i>			2,2	0,00		
<i>Geranium pseudosibiricum</i>					0,8	0,37
<i>Hieracium umbellatum</i>	0,4	0,40				
<i>Inula salicina</i>			4,8	3,54	3,0	1,79
<i>Iris ruthenica</i>			9,2	12,00	2,0	2,00

Приложение 2

1	2	3	4	5	6	7
МП № 4 (северный кластер)						
<i>Lathyrus humilis</i>			1,2	0,00		
<i>Lathyrus pisiformis</i>			0,4	0,00		
<i>Lathyrus pratensis</i>			0,8	0,00		
<i>Lathyrus tuberosus</i>					0,4	0,40
<i>Lilium pilosiusculum</i>	0,2	0,20	0,2	0,00	0,6	0,40
<i>Linaria vulgaris</i>			12,4	17,68	1,2	1,20
<i>Lupinaster pentaphyllus</i>	0,2	0,20	1,2	0,77		
<i>Myosotis imitata</i>					0,2	0,20
<i>Myosotis palustris</i>					0,2	0,20
<i>Nepeta pannonica</i>			1,0	0,32		
<i>Origanum vulgare</i>	0,8	0,49	1,0	0,00	0,2	0,20
<i>Pedicularis incarnata</i>			0,2	0,00		
<i>Peucedanum morisonii</i>	1,4	0,75	0,4	0,00	0,8	0,37
<i>Phlomis tuberosa</i>	2,8	0,86	2,4	0,51	3,4	0,40
<i>Poa angustifolia</i>	11,4	5,71	15,6	3,81	19,6	10,96
<i>Polygonatum odoratum</i>	1,0	1,00	1,0	0,32	3,2	2,95
<i>Pteridium aquilinum</i>	0,4	0,40				
<i>Pulmonaria mollis</i>			0,4	0,00	0,2	0,20
<i>Ranunculus monophyllus</i>					3,6	1,03
<i>Rubus saxatilis</i>	3,4	2,22	3,4	1,58	0,8	0,37
<i>Sanguisorba officinalis</i>	1,4	0,60	2,6	2,21	3,4	1,57
<i>Scrophularia nodosa</i>					0,2	0,20
<i>Serratula coronata</i>	1,0	0,45	0,6	0,32	0,4	0,24
<i>Seseli libanotis</i>	0,2	0,20	0,8	0,00		
<i>Silene repens</i>			0,4	0,00		
<i>Taraxacum officinale</i>			0,4	0,00		
<i>Thalictrum foetidum</i>	0,6	0,60				
<i>Thalictrum simplex</i>	0,8	0,37	2,2	0,32	2,8	1,35
<i>Trommsdorffia maculata</i>			0,2	0,00		

Численность видов на учетных площадках Караканского мониторингового полигона

1	2	3	4	5	6	7
МП № 4 (северный кластер)						
<i>Veratrum lobelianum</i>	0,6	0,40	0,8	0,63	0,2	0,20
<i>Veronica krylovii</i>			0,8	0,63		
<i>Vicia cracca</i>			1,6	0,00	11,8	2,26
<i>Vicia nervata</i>	7,0	2,23	10,2	3,54		
<i>Viola arenaria</i>					0,2	0,20
<i>Viola canina</i>					0,4	0,40
<i>Viola hirta</i>			0,4	0,00	0,2	0,20
<i>Viola mirabilis</i>			1,2	0,00	0,2	0,20
МП № 5 (южный кластер)						
	УП 12-5		УП 13-5		УП 14-5	
<i>Achillea asiatica</i>	1,8	0,58	8,0	4,98	19,4	10,43
<i>Agrimonia pilosa</i>	0,2	0,20	0,6	0,32	0,2	0,20
<i>Amoria hybrida</i>	3,0	2,00			9,8	9,78
<i>Amoria repens</i>			7,8	4,72	2,2	1,56
<i>Angelica sylvestris</i>					0,4	0,40
<i>Bistorta officinalis</i>	0,2	0,20				
<i>Carum carvi</i>	0,4	0,24	0,2	0,00	2,4	1,50
<i>Centaurea scabiosa</i>			0,4	0,00	0,8	0,80
<i>Cerastium holosteoides</i>					2,8	1,96
<i>Crepis tectorum</i>			0,6	0,00	0,8	0,58
<i>Dactylis glomerata</i>	10,0	4,94	12,2	4,07	11,8	2,57
<i>Elytrigia repens</i>					0,2	0,20
<i>Euphrasia pectinata</i>			3,0	3,47	8,6	7,11
<i>Festuca pratensis</i>	8,2	3,21	19,4	3,24	17,4	5,06
<i>Fragaria viridis</i>					1,2	1,20
<i>Galatella angustissima</i>			0,8	0,00		
<i>Galium mollugo</i>			14,0	5,62	0,6	0,40
<i>Galium verum</i>	2,8	1,96				
<i>Geum aleppicum</i>	0,4	0,40	0,2	0,00	0,6	0,60

Приложение 2

1	2	3	4	5	6	7
МП № 5 (южный кластер)						
<i>Hemerocallis minor</i>					0,2	0,20
<i>Hieracium umbellatum</i>			0,8	0,63		
<i>Hypericum perforatum</i>	0,6	0,60	1,0	0,26	1,8	1,56
<i>Inula salicina</i>			0,2	0,00		
<i>Lathyrus pratensis</i>			0,2	0,00		
<i>Leontodon autumnalis</i>	1,0	0,45			6,0	2,84
<i>Leucanthemum vulgare</i>	4,0	2,38	11,2	10,96	4,0	1,38
<i>Linaria vulgaris</i>			0,2	0,00	1,6	1,16
<i>Lupinaster pentaphyllus</i>	0,2	0,20	0,4	0,00		
<i>Melandrium album</i>					0,6	0,60
<i>Omalotheca sylvatica</i>					0,4	0,40
<i>Origanum vulgare</i>	0,2	0,20	7,0	2,34		
<i>Phleum pratense</i>	5,8	3,83	6,0	6,94	1,4	0,68
<i>Pilosella lydiae</i>			0,6	0,32	0,2	0,20
<i>Pimpinella saxifraga</i>	29,2	7,32	30,2	9,48	48,4	9,16
<i>Plantago major</i>	0,2	0,20				
<i>Plantago media</i>	2,6	1,03	10,8	4,62	5,8	2,33
<i>Poa angustifolia</i>	31,2	2,06	24,8	5,35	70,0	19,96
<i>Poa pratensis</i>	1,2	1,20			3,2	3,19
<i>Potentilla argentea</i>			0,2	0,00	0,4	0,40
<i>Prunella vulgaris</i>	1,8	1,20	12,6	4,99	29,6	18,22
<i>Ranunculus monophyllus</i>					0,2	0,20
<i>Ranunculus polyanthemus</i>	1,0	0,63	1,0	0,52	0,6	0,60
<i>Rhinanthus vernalis</i>	0,4	0,40	6,4	1,55	23,6	9,90
<i>Rubus saxatilis</i>	0,2	0,20				
<i>Serratula coronata</i>	0,2	0,20				
<i>Stellaria graminea</i>	0,6	0,60	6,0	0,77	13,4	5,44
<i>Taraxacum officinale</i>	10,2	5,49	16,0	3,48	19,6	5,93
<i>Trifolium pratense</i>	4,2	3,03	10,6	2,61	11,8	7,48

Численность видов на учетных площадках Караканского мониторингового полигона

1	2	3	4	5	6	7
МП № 5 (южный кластер)						
<i>Tussilago farfara</i>	0,2	0,20	0,8	0,00		
<i>Veronica chamaedrys</i>	5,4	2,90	6,6	4,16	10,8	2,63
<i>Vicia cracca</i>	0,4	0,40	0,2	0,00	1,4	0,98
<i>Vicia lilacina</i>	0,2	0,20	4,2	4,10		
<i>Vicia sylvatica</i>					0,8	0,80
<i>Viola arvensis</i>			0,2	0,00		
<i>Viola canina</i>	1,0	0,77	0,4	0,00	6,8	5,10
<i>Viola hirta</i>			1,8	0,00		
МП № 6 (южный кластер)						
	УП 12-6		УП 13-6		УП 14-6	
<i>Aconitum septentrionale</i>	1,0	0,42	1,8	0,56	0,6	0,60
<i>Aconitum volubile</i>	0,6	0,56				
<i>Adenophora liliifolia</i>					0,4	0,40
<i>Angelica sylvestris</i>	0,4	0,23				
<i>Artemisia macrantha</i>					0,2	0,20
<i>Artemisia vulgaris</i>	0,4	0,37	0,8	0,00		
<i>Bistorta officinalis</i>					1,2	0,97
<i>Brachypodium pinnatum</i>	6,6	3,17	14,0	9,47	53,4	16,54
<i>Bupleurum aureum</i>	3,6	1,58	3,0	0,99	0,8	0,80
<i>Cacalia hastata</i>			0,2	0,00	0,4	0,24
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	12,4	4,68	5,6	7,58		
<i>Calamagrostis epigeios</i>			6,8	3,16	33,2	11,05
<i>Carex macroura</i>	1,4	1,30				
<i>Cerastium davuricum</i>			1,0	0,00		
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	0,6	0,56			0,2	0,20
<i>Cirsium helenioides</i>			1,2	0,00		
<i>Conium maculatum</i>			8,8	0,00		
<i>Cuscuta europaea</i>			0,2	0,00		
<i>Dactylis glomerata</i>			0,4	0,00		

Приложение 2

1	2	3	4	5	6	7
МП № 6 (южный кластер)						
<i>Euphorbia lutescens</i>	0,4	0,37	1,0	0,00	0,4	0,40
<i>Filipendula ulmaria</i>	1,4	0,56	0,6	0,32	2,6	0,93
<i>Galatella biflora</i>	2,4	2,24				
<i>Galium boreale</i>	3,6	2,26	4,2	3,13	17,4	7,38
<i>Galium verum</i>			0,6	0,00		
<i>Geranium pseudosibiricum</i>					1,0	0,63
<i>Geranium sylvaticum</i>	0,4	0,37				
<i>Hemerocallis minor</i>	4,0	3,73				
<i>Heracleum dissectum</i>			0,2	0,00	0,4	0,40
<i>Inula salicina</i>	1,0	0,93	2,4	0,00		
<i>Iris ruthenica</i>			2,6	0,00		
<i>Lamium album</i>	0,6	0,56	3,2	1,26		
<i>Lathyrus gmelinii</i>	0,6	0,37				
<i>Lathyrus tuberosus</i>					0,4	0,40
<i>Ligularia glauca</i>			0,4	0,00	1,2	1,20
<i>Lilium pilosiusculum</i>			0,2	0,00		
<i>Peucedanum morisonii</i>					0,2	0,20
<i>Phlomis tuberosa</i>					0,8	0,58
<i>Poa pratensis</i>	0,6	0,56				
<i>Polemonium caeruleum</i>	0,2	0,19	1,0	0,32		
<i>Polygonatum odoratum</i>	0,8	0,75	0,8	0,00	2,2	1,02
<i>Pteridium aquilinum</i>	7,8	3,26	9,4	3,85	10,8	6,11
<i>Pulmonaria mollis</i>	1,0	0,59	1,4	0,32	0,2	0,20
<i>Rubus saxatilis</i>	4,0	1,79	8,0	4,82	5,6	1,91
<i>Sanguisorba officinalis</i>	1,2	0,68	0,6	0,00	3,4	3,15
<i>Saussurea latifolia</i>					2,2	1,71
<i>Serratula coronata</i>	0,4	0,37	0,2	0,00	1,0	0,63
<i>Spiraea media</i>	0,2	0,19				
<i>Stellaria bungeana</i>			1,6	0,00		

Численность видов на учетных площадках Караканского мониторингового полигона

1	2	3	4	5	6	7
МП № 6 (южный кластер)						
<i>Thalictrum minus</i>	1,8	1,04	2,2	0,52	3,8	2,39
<i>Trollius asiaticus</i>	2,2	1,33	2,2	0,00	2,0	1,55
<i>Urtica dioica</i>			0,8	0,63	0,4	0,40
<i>Veratrum lobelianum</i>					0,2	0,20
<i>Veratrum nigrum</i>	0,2	0,19				
<i>Veratrum nigrum</i>			0,2	0,00		
<i>Vicia cracca</i>	0,2	0,19			0,4	0,24
<i>Vicia sepium</i>					0,6	0,60
<i>Vicia sylvatica</i>	1,0	0,72				
<i>Vicia unijuga</i>	0,2	0,19	0,4	0,00		
<i>Viola hirta</i>			0,2	0,00		
<i>Viola uniflora</i>	1,2	0,68	14,4	2,32	77,4	8,54
МП № 7 (южный кластер)						
	УП 12-7		УП 13-7		УП 14-7	
<i>Allium rubens</i>	1,4	0,87	1,2	0,00	6,4	3,98
<i>Alyssum obovatum</i>					6,0	5,74
<i>Androsace septentrionalis</i>					20,0	19,96
<i>Artemisia latifolia</i>	13,0	5,45	9,6	1,86	1,4	1,40
<i>Artemisia marschalliana</i>	0,6	0,40			0,8	0,37
<i>Aster alpinus</i>					2,6	1,43
<i>Astragalus ceratoides</i>	0,2	0,20			2,4	1,94
<i>Brachypodium pinnatum</i>			0,6	0,00		
<i>Calamagrostis epigeios</i>			4,6	0,00		
<i>Campanula altaica</i>			0,6	0,00		
<i>Carex supina</i>	14,2	5,87	19,8	16,48	23,0	8,98
<i>Cerastium arvense</i>					0,2	0,20
<i>Cotoneaster melanocarpus</i>	0,4	0,40	2,2	2,21	5,4	4,06
<i>Dianthus versicolor</i>	0,4	0,24	1,6	0,00		
<i>Draba nemorosa</i>			14,8	20,83		

Приложение 2

1	2	3	4	5	6	7
МП № 7 (южный кластер)						
<i>Dracocephalum ruyschiana</i>			0,4	0,00		
<i>Euphorbia subcordata</i>			1,0	0,00	0,8	0,80
<i>Festuca pseudovina</i>	1,8	1,80	3,2	0,68	8,4	5,22
<i>Filipendula ulmaria</i>	0,2	0,20	0,8	0,63		
<i>Filipendula vulgaris</i>	1,2	1,20	2,8	0,00		
<i>Fragaria vesca</i>	1,4	1,40				
<i>Fragaria viridis</i>	5,2	3,19	14,0	6,04	6,4	6,39
<i>Galatella angustissima</i>	1,0	1,00	1,8	2,21	4,2	2,69
<i>Galium boreale</i>			3,6	1,26		
<i>Galium verum</i>	0,6	0,40	2,0	1,12	4,4	1,32
<i>Helictotrichon desertorum</i>	1,8	1,32				
<i>Hieracium umbellatum</i>			0,2	0,00		
<i>Hieracium virosum</i>			0,4	0,00	0,2	0,20
<i>Inula salicina</i>	0,2	0,20	2,8	0,00		
<i>Iris ruthenica</i>	1,2	1,20	4,0	0,00		
<i>Koeleria cristata</i>			0,2	0,00	1,4	1,40
<i>Lathyrus humilis</i>			6,6	2,83		
<i>Lathyrus pisiformis</i>	1,8	1,11				
<i>Lathyrus pratensis</i>			0,2	0,00		
<i>Linaria vulgaris</i>					0,8	0,80
<i>Lupinaster pentaphyllus</i>	0,4	0,40	0,4	0,00		
<i>Onobrychis arenaria</i>			2,4	0,00		
<i>Onosma simplicissima</i>	0,2	0,20	1,0	0,00	1,4	0,75
<i>Otites borysthena</i>					1,6	1,12
<i>Oxytropis campanulata</i>	0,6	0,40	0,2	0,00	2,0	1,76
<i>Peucedanum morisonii</i>	1,6	0,81	3,2	1,41	0,6	0,60
<i>Phleum phleoides</i>			1,2	0,00	1,6	0,98
<i>Phlomis tuberosa</i>	0,8	0,49	2,4	0,73	1,0	0,63
<i>Plantago urvillei</i>					0,4	0,40

Численность видов на учетных площадках Караканского мониторингового полигона

1	2	3	4	5	6	7
МП № 7 (южный кластер)						
<i>Poa angustifolia</i>	14,6	6,20	49,0	20,00		
<i>Poa pratensis</i>			1,0	0,95		
<i>Poa urssulensis</i>					7,4	3,54
<i>Polygonatum odoratum</i>	1,4	0,98	1,0	0,95		
<i>Potentilla bifurca</i>	0,2	0,20			0,6	0,60
<i>Potentilla humifusa</i>			1,0	0,95	3,0	1,76
<i>Pulsatilla patens</i>	1,8	0,49	3,6	1,18	2,2	1,11
<i>Sanguisorba officinalis</i>			3,4	4,10		
<i>Scabiosa ochroleuca</i>			1,0	0,00	1,6	0,51
<i>Scorzonera austriaca</i>	0,4	0,24	1,2	0,00	3,8	1,39
<i>Sedum hybridum</i>	7,2	6,70			40,6	24,21
<i>Seseli libanotis</i>			0,4	0,00		
<i>Silene repens</i>			1,2	0,00		
<i>Stipa pennata</i>	7,8	3,53	5,2	3,15	21,2	10,33
<i>Thalictrum simplex</i>			0,8	0,26		
<i>Trommsdorffia maculata</i>			0,4	0,00		
<i>Veratrum lobelianum</i>			0,2	0,00		
<i>Veronica incana</i>	0,2	0,20	0,4	0,00	16,6	8,33
<i>Veronica porphyriana</i>			1,4	0,95		
<i>Vicia cracca</i>			0,2	0,00		
<i>Vicia nervata</i>	3,2	2,33	3,0	4,10	1,0	1,00
<i>Vicia tenuifolia</i>					1,2	1,20
МП № 8 (южный кластер)						
	УП 12-8		УП 13-8		УП 14-8	
<i>Achillea asiatica</i>	1,6	1,03	2,6	2,20	1,8	1,20
<i>Adenophora liliifolia</i>			0,2	0,00	0,2	0,20
<i>Agrimonia pilosa</i>	0,4	0,40			2,2	2,20
<i>Artemisia macrantha</i>					1,4	1,40
<i>Brachypodium pinnatum</i>			12,0	16,41	20,0	19,96

Приложение 2

1	2	3	4	5	6	7
МП № 8 (южный кластер)						
<i>Calamagrostis epigeios</i>	5,6	3,10	31,8	10,91	9,8	9,78
<i>Centaurea scabiosa</i>	0,8	0,37	2,8	1,26	2,2	0,91
<i>Cirsium setosum</i>	2,4	1,91	0,4	0,00	2,6	1,21
<i>Convolvulus arvensis</i>	0,4	0,24				
<i>Crepis sibirica</i>	1,2	0,58	0,8	0,00	0,4	0,40
<i>Dactylis glomerata</i>	1,4	0,60	7,6	3,54	21,0	5,18
<i>Dracocephalum nutans</i>			0,2	0,00	0,6	0,24
<i>Dracocephalum ruyschiana</i>	0,2	0,20	0,2	0,00	0,2	0,20
<i>Elytrigia repens</i>	0,2	0,20				
<i>Erigeron acris</i>			0,2	0,00		
<i>Euphorbia virgata</i>	0,4	0,40	3,0	0,00	0,2	0,20
<i>Festuca pratensis</i>	1,6	0,98	3,0	0,32	8,6	8,34
<i>Filipendula ulmaria</i>	0,8	0,37	5,4	3,65	1,2	0,80
<i>Fragaria viridis</i>	16,6	9,95	34,8	13,11	50,0	19,22
<i>Galatella biflora</i>			4,2	3,47	6,0	4,45
<i>Galium boreale</i>	5,0	1,41	0,8	0,00	12,8	10,26
<i>Galium mollugo</i>			0,4	0,00		
<i>Galium verum</i>	1,0	0,63	1,0	0,95		
<i>Geranium bifolium</i>			3,8	0,00		
<i>Geranium pseudosibiricum</i>	0,8	0,58			0,6	0,40
<i>Helictotrichon pubescens</i>			0,2	0,00		
<i>Hemerocallis minor</i>	3,0	2,14				
<i>Hieracium umbellatum</i>	8,8	3,73	1,2	0,00		
<i>Lathyrus pisiformis</i>	1,6	0,24				
<i>Lathyrus pratensis</i>					1,8	1,80
<i>Lathyrus tuberosus</i>			8,6	3,35	27,4	17,40
<i>Ligularia glauca</i>					0,8	0,80
<i>Lilium pilosiusculum</i>	0,6	0,60	0,4	0,00		
<i>Linaria vulgaris</i>	0,6	0,60	4,4	3,79	4,2	1,35

Численность видов на учетных площадках Караканского мониторингового полигона

1	2	3	4	5	6	7
МП № 8 (южный кластер)						
<i>Lithospermum officinale</i>	0,2	0,20	0,2	0,00	0,6	0,60
<i>Lupinaster pentaphyllus</i>	3,2	1,65	0,8	0,00	0,2	0,20
<i>Medicago falcata</i>	0,2	0,20				
<i>Onobrychis arenaria</i>			2,2	0,00		
<i>Origanum vulgare</i>	3,4	2,35				
<i>Peucedanum morisonii</i>			1,0	0,00		
<i>Phleum phleoides</i>			8,8	8,71	1,2	1,20
<i>Phleum pratense</i>	8,6	5,80			0,2	0,20
<i>Phlomis tuberosa</i>	0,8	0,58	1,4	0,32	3,0	1,48
<i>Pilosella lydiae</i>						
<i>Pimpinella saxifraga</i>	3,4	1,91	6,2	3,64	6,0	5,99
<i>Plantago lanceolata</i>			0,2	0,00		
<i>Plantago media</i>	0,6	0,40				
<i>Plantago urvillei</i>			0,2	0,00	0,4	0,24
<i>Poa angustifolia</i>	5,4	3,89	14,0	4,68	33,0	20,61
<i>Poa palustris</i>					28,6	18,81
<i>Poa pratensis</i>	1,6	1,16				
<i>Polygonatum odoratum</i>	1,8	1,80	4,6	2,21	1,2	0,97
<i>Potentilla argentea</i>			0,6	0,32	0,6	0,60
<i>Potentilla chrysantha</i>	0,4	0,40			1,6	1,36
<i>Potentilla humifusa</i>	0,4	0,40				
<i>Pteris impatiens</i>	0,2	0,20				
<i>Pulmonaria mollis</i>	0,2	0,20				
<i>Ranunculus polyanthemos</i>					0,8	0,37
<i>Rhinanthus vernalis</i>			0,2	0,00		
<i>Rosa majalis</i>					0,4	0,40
<i>Rubus saxatilis</i>	7,4	4,21	3,8	0,00	1,4	1,40
<i>Sanguisorba officinalis</i>	1,2	0,80	4,0	2,53	7,0	5,61
<i>Serratula coronata</i>	0,6	0,60				
<i>Seseli libanotis</i>	2,4	1,50	1,8	0,00	1,4	1,40

Приложение 2

1	2	3	4	5	6	7
МП № 8 (южный кластер)						
<i>Silene repens</i>			1,2	0,77		
<i>Solidago virgaurea</i>	0,2	0,20				
<i>Sonchus arvensis</i>	1,0	1,00	0,8	0,00	2,6	2,13
<i>Stipa pennata</i>	0,6	0,60	1,4	0,95	0,4	0,40
<i>Taraxacum officinale</i>	0,6	0,40	2,4	0,77	4,2	3,71
<i>Thalictrum simplex</i>	1,6	0,51	2,4	0,00	0,8	0,58
<i>Tragopogon orientalis</i>	0,4	0,24				
<i>Trifolium pratense</i>			0,2	0,00		
<i>Trommsdorffia maculata</i>	0,2	0,20	1,8	0,32		
<i>Veronica chamaedrys</i>					0,6	0,40
<i>Veronica krylovii</i>			1,0	0,52	0,2	0,20
<i>Vicia cracca</i>	0,4	0,40	1,2	0,00	0,4	0,40
<i>Vicia unijuga</i>	4,8	1,53	2,6	1,57	1,4	0,75
<i>Viola arenaria</i>	0,2	0,20				
<i>Viola hirta</i>					0,2	0,20
<i>Viola montana</i>					0,4	0,40
МП № 9 (контроль)						
	УП 12-9		УП 13-9		УП 14-9	
<i>Adenophora liliifolia</i>	0,2	0,20			0,2	0,20
<i>Allium obliquum</i>					2,0	2,00
<i>Artemisia vulgaris</i>			1,2	0,00		
<i>Brachypodium pinnatum</i>	3,2	3,19	20,2	7,83	65,8	10,60
<i>Bupleurum aureum</i>			0,2	0,00		
<i>Calamagrostis arundinaceae</i>	4,8	2,06				
<i>Calamagrostis epigeios</i>	7,4	3,84	23,2	6,37	18,8	7,68
<i>Carex praecox</i>			27,0	10,40		
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	1,8	1,11	1,0	0,00	6,6	5,62
<i>Cirsium setosum</i>	3,4	0,68	1,2	0,00	6,2	2,51
<i>Cirsium vulgare</i>					0,2	0,20
<i>Crepis sibirica</i>	0,2	0,20	0,2	0,00	1,6	1,12

Численность видов на учетных площадках Караканского мониторингового полигона

1	2	3	4	5	6	7
МП № 9 (контроль)						
<i>Dactylis glomerata</i>					19,6	9,05
<i>Delphinium retropilosum</i>	0,2	0,20				
<i>Dracocephalum ruyschiana</i>			0,2	0,00		
<i>Equisetum sylvaticum</i>					0,2	0,20
<i>Euphorbia discolor</i>					0,4	0,40
<i>Euphorbia lutescens</i>	0,2	0,20	0,6	0,00	6,6	6,34
<i>Festuca pratensis</i>			0,8	0,00		
<i>Filipendula ulmaria</i>	1,0	0,55	5,8	5,37		
<i>Filipendula vulgaris</i>			5,6	0,00	1,4	0,75
<i>Fragaria vesca</i>			1,4	0,00	0,2	0,20
<i>Galatella biflora</i>					0,4	0,40
<i>Galium boreale</i>	2,4	0,87	12,0	7,46	36,6	14,32
<i>Galium verum</i>	1,4	1,16			0,2	0,20
<i>Geranium pseudosibiricum</i>	1,2	0,73			1,4	0,51
<i>Geranium sylvaticum</i>			0,4	0,00		
<i>Hemerocallis minor</i>			1,0	0,00	0,4	0,24
<i>Heracleum dissectum</i>					0,6	0,40
<i>Inula salicina</i>	5,4	1,72	7,0	2,12	2,6	2,60
<i>Iris ruthenica</i>	1,8	0,80				
<i>Lathyrus pisiformis</i>	0,4	0,40	0,4	0,00		
<i>Lathyrus pratensis</i>			0,6	0,32	0,2	0,20
<i>Linaria vulgaris</i>					0,4	0,40
<i>Lupinaster pentaphyllus</i>			0,6	0,00		
<i>Myosotis palustris</i>					0,2	0,20
<i>Origanum vulgare</i>	3,4	1,29	0,2	0,00		
<i>Peucedanum morisonii</i>	1,0	0,45	0,8	0,00	1,6	0,75
<i>Phleum phleoides</i>			0,6	0,00		
<i>Phleum pratense</i>	2,0	2,00			0,2	0,20
<i>Phlomis tuberosa</i>	2,8	0,91	1,4	0,22	1,8	0,66

Приложение 2

1	2	3	4	5	6	7
МП № 9 (контроль)						
<i>Polygonatum odoratum</i>			0,8	0,26	1,4	0,51
<i>Ptarmica impatiens</i>			0,6	0,00	0,4	0,40
<i>Pulmonaria mollis</i>			0,4	0,00		
<i>Rosa acicularis</i>	0,6	0,24				
<i>Rubus saxatilis</i>	0,4	0,24	13,8	5,37	1,4	1,40
<i>Sanguisorba officinalis</i>	3,8	1,28	10,0	3,90	13,0	2,96
<i>Serratula coronata</i>	0,4	0,40				
<i>Seseli libanotis</i>			0,2	0,00		
<i>Silene repens</i>			1,0	0,22		
<i>Spiraea media</i>	0,2	0,20				
<i>Thalictrum minus</i>	0,2	0,20	1,0	0,26		
<i>Thalictrum simplex</i>	0,4	0,24	0,6	0,00		
<i>Trollius asiaticus</i>			2,0	0,00	0,2	0,20
<i>Trommsdorffia maculata</i>			0,6	0,00	0,4	0,24
<i>Veratrum lobelianum</i>			1,0	0,00	0,2	0,20
<i>Veronica chamaedrys</i>					0,2	0,20
<i>Vicia amoena</i>			0,2	0,00	1,4	0,75
<i>Vicia cracca</i>	1,6	1,16	6,4	2,16	1,0	0,55
<i>Vicia lilacina</i>	1,2	1,20				
<i>Viola hirta</i>	0,2	0,20			0,4	0,40
<i>Viola mirabilis</i>					0,2	0,20
<i>Viola uniflora</i>	0,2	0,20	0,4	0,00	8,0	7,99
МП № 10 (контроль)						
	УП 12-10		УП 13-10		УП 14-10	
<i>Aconitum septentrionale</i>	0,2	0,20	0,2	0,00	0,4	0,40
<i>Aconitum volubile</i>	0,8	0,37	0,4	0,00		
<i>Betula pendula</i>			0,4	0,00		
<i>Bistorta officinalis</i>	0,2	0,20	3,8	0,97	6,6	1,77
<i>Brachypodium pinnatum</i>	26,8	2,56	38,6	10,37	69,4	13,33

Численность видов на учетных площадках Караканского мониторингового полигона

1	2	3	4	5	6	7
МП № 9 (контроль)						
<i>Bupleurum aureum</i>	1,4	0,60	4,6	4,40	1,6	1,16
<i>Calamagrostis arundinaceae</i>	9,4	4,37				
<i>Calamagrostis epigeios</i>			4,2	0,32		
<i>Calamagrostis purpurea</i>	5,4	5,37	11,6	13,26	0,4	0,40
<i>Campanula altaica</i>					0,2	0,20
<i>Carex macroura</i>					0,2	0,20
<i>Carex praecox</i>			10,0	9,07		
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	0,4	0,40	0,8	0,00		
<i>Cirsium setosum</i>	2,2	0,80	1,2	0,45	1,2	0,37
<i>Cirsium vulgare</i>						
<i>Crepis lyrata</i>			0,4	0,00		
<i>Crepis sibirica</i>	2,2	1,31	0,8	0,26	0,4	0,40
<i>Dactylis glomerata</i>	3,2	1,35	14,8	4,77	3,0	0,84
<i>Dianthus superbus</i>					0,2	0,20
<i>Dracocephalum ruyschiana</i>	0,2	0,20			0,4	0,40
<i>Equisetum sylvaticum</i>	0,8	0,49	1,0	0,00	0,6	0,24
<i>Erythronium sibiricum</i>					0,6	0,60
<i>Euphorbia lutescens</i>	0,6	0,40	1,2	0,77	0,2	0,20
<i>Festuca pratensis</i>	0,2	0,20			0,6	0,60
<i>Filipendula ulmaria</i>	2,2	0,80	1,0	0,32	3,6	1,47
<i>Filipendula vulgaris</i>	0,2	0,20	0,4	0,00	3,0	1,84
<i>Galium boreale</i>	4,2	1,11	10,6	4,19	4,0	1,58
<i>Galium verum</i>					0,4	0,40
<i>Geranium pseudosibiricum</i>	1,8	0,80			6,2	2,70
<i>Geranium sylvaticum</i>			1,2	1,26		
<i>Hemerocallis minor</i>			0,4	0,00		
<i>Heracleum dissectum</i>			0,2	0,00	0,2	0,20
<i>Hieracium umbellatum</i>			0,2	0,00		
<i>Iris ruthenica</i>	0,2	0,20			1,6	1,03

Приложение 2

1	2	3	4	5	6	7
МП № 9 (контроль)						
<i>Lathyrus gmelinii</i>	0,2	0,20	0,6	0,32		
<i>Lathyrus pisiformis</i>	0,2	0,20	0,4	0,00		
<i>Lathyrus pratensis</i>	1,8	0,96	2,2	0,49	1,2	1,20
<i>Ligularia glauca</i>					0,2	0,20
<i>Lupinaster pentaphyllus</i>	0,2	0,20				
<i>Myosotis palustris</i>	0,6	0,60	0,8	0,00	0,8	0,58
<i>Origanum vulgare</i>	0,6	0,60	1,0	0,00	0,6	0,40
<i>Phleum pratense</i>	1,4	1,39	0,4	0,00		
<i>Phlomis tuberosa</i>	0,2	0,20	0,6	0,00	0,4	0,40
<i>Poa sibirica</i>					1,6	1,60
<i>Polemonium caeruleum</i>			0,2	0,00	0,4	0,40
<i>Polygonatum odoratum</i>	0,2	0,20			1,2	0,58
<i>Potentilla impatiens</i>	1,2	0,73	2,0	0,68	0,8	0,58
<i>Pulmonaria mollis</i>	1,2	0,58	1,8	0,43	2,0	0,95
<i>Ranunculus monophyllus</i>			1,2	0,63	3,8	1,59
<i>Rubus saxatilis</i>	1,4	0,97	2,0	0,00		
<i>Sanguisorba officinalis</i>	5,0	1,57	2,2	0,76	6,2	2,15
<i>Serratula coronata</i>	0,2	0,20	2,6	0,52		
<i>Stellaria graminea</i>					1,4	1,40
<i>Thalictrum simplex</i>	0,2	0,20				
<i>Trollius asiaticus</i>	3,6	1,12	2,6	0,56	7,4	2,27
<i>Trommsdorffia maculata</i>	0,2	0,20			0,2	0,20
<i>Veronica chamaedrys</i>			3,4	0,00	3,6	1,21
<i>Vicia cracca</i>	0,4	0,24	2,2	2,84	2,2	0,97
<i>Vicia lilacina</i>	1,6	0,97				
<i>Viola canina</i>					0,2	0,20
<i>Viola hirta</i>			0,6	0,32		
<i>Viola uniflora</i>			0,2	0,00	17,0	9,04

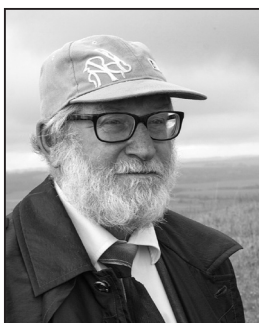
Содержание

ВВЕДЕНИЕ	
(Ю.А. Манаков)	3
Глава 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ КАРАКАНСКОГО ХРЕБТА	
(Ю.А. Манаков)	10
Геологическое строение территории	10
Природные особенности	11
Глава 2. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	
(Ю.А. Манаков, А.Н. Куприянов)	15
Глава 3. АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ	
(А.Н. Куприянов)	21
Методика	23
Результаты исследований	23
Глава 4. ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ	
(К.С. Голохваст, А.Н. Куприянов)	25
Методика	26
Валовое содержание тяжелых металлов в почвах	28
Содержание подвижных форм тяжелых металлов	29

Динамика тяжелых металлов в снеговых пробах.....	35
Техногенное микроразмерное загрязнение атмосферы	36
Содержание редкоземельных элементов	46
Валовое содержание тяжелых металлов в растительных пробах.....	52
Глава 5. СНЕГОВОЙ РЕЖИМ КАРАКАНСКОГО ХРЕБТА	
(А.Н. Куприянов, О.А. Куприянов)	58
Методика	58
Состояние снежного покрова возле Караканского хребта	59
Состояние снежного покрова на Караканском хребте	64
Глава 6. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ КАРАКАНСКОГО ХРЕБТА	
(О.А. Куприянов)	66
Методика	67
Результаты исследований	68
Глава 7. СТРУКТУРА ФИТОМАССЫ ЛУГОВЫХ СООБЩЕСТВ КАРАКАНСКОГО ХРЕБТА	
(В.И. Уфимцев, Ю.А. Манаков).....	83
Методика	84
Результаты исследований	88
Глава 8. ДИНАМИКА СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ	
(Т.О. Стрельникова, Ю.А. Манаков).....	93
Методика	94
Результаты исследований	94
Глава 9. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ НА АНТРОПОГЕННЫЕ СТРЕССОРЫ	
(М.М. Силантьева, А.Ю. Гребенникова).....	115
Объекты, материалы и методы исследования	116
Результаты и обсуждение	120
Глава 10. ФАУНА ХОРТОБИОНТОВ КАРАКАНСКОГО ХРЕБТА	
(С.В. Лукьянцев).....	131

Методика	132
Результаты исследования	133
Сравнительный анализ видового состава хортобионтов на учетных площадках (2012 год).....	139
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
(Ю.А. Манаков)	146
ЛИТЕРАТУРА.....	150
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Список видов сосудистых растений, отмеченных на учетных площадях Караканского мониторингового полигона (2012–2014 гг.).....	163
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Численность видов на учетных площадках (УП) Караканского мониторингового полигона	176

Сведения об авторском коллективе



А.Н. Куприянов



Ю.А. Манаков



Т.О. Стрельникова



В.И. Уфимцев



О.А. Куприянов



М.М. Силантьева



А.Ю. Гребенникова



К.С. Голохваст



С.В. Лукьянцев

Куприянов Андрей Николаевич — доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом "Кузбасский ботанический сад" ФИЦ УУХ СО РАН (Институт экологии человека), Председатель Совета ботанических садов Сибири и Дальнего Востока, Председатель Правления КРЭОО "Ирбис", член Общественной Палаты Кемеровской области (с 2010 г.). Научный и общественный деятель Сибири. Специалист широкого профиля в области ботанических исследований, интродукции растений, охраны лесов, сохранения и восстановления биологического разнообразия. Ответственный редактор Красной книги Кемеровской области (2012). Автор более 350 научных работ. Мастер публичных лекций. Руководитель и консультант по работам соискателей кандидатской и докторской научной степени. Идеолог эколого-краеведческого метода в школьном образовании. Основатель серии районных Красных книг для Кемеровской области.

Манаков Юрий Александрович — доктор биологических наук, заведующий лабораторией Промышленной ботаники ФИЦ УУХ СО РАН (Институт экологии человека), региональный координатор Проекта Программы развития ООН—ГЭФ — Минприроды России "Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России" по Кемеровской области и Республике Хакасия, заместитель Председателя комиссии по охране здоровья, экологии и развитию спорта Общественной Палаты Кемеровской области. Выпускник Томского государственного университета. Специалист в области экологии угольного производства, экологической оценки и мониторинга территорий. С 2011 г. занимается внедрением инновационных методов сохранения биоразнообразия в практику угольных предприятий, включая компенсационные мероприятия и создание особо охраняемых природных территорий промышленными компаниями Кузбасса. Автор более 60 научных работ, а также научно-популярных книг, учебных пособий и газетных статей.

Стрельникова Татьяна Олеговна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории Промышленной ботаники ФИЦ УУХ СО РАН (Институт экологии человека). Окончила Алтайский государственный университет. Специалист в области региональной флористики, экологии и охраны природы. Более 10 лет занимается исследованием процессов антропогенной трансформации растительного покрова. Автор 90 научных работ. Участвовала в разработке и написании Красных книг Алтайского края (1998, 2006, 2016) и Кемеровской области (2012). Ответственный секретарь и автор "Черной книги флоры Сибири" (2016).

Уфимцев Владимир Иванович — кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории Промышленной ботаники ФИЦ УУХ СО РАН (Институт экологии человека). Окончил Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. С 2008 года занимается исследованиями экологии техногенных лесных экосистем. Область научных интересов: экология растений, антропогенная трансформация экосистем, лесовосстановление, рекультивация нарушенных земель. Руководитель проектов РФФИ № 14-04-31088 «Формирование фитогенных полей сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на отвалах угольной промышленности», № 15-34-50459 «Фитоиндикация зон прессинга природно-техногенных комплексов Кузбасса». Активно участвовал в разработке технологии реставрации лугово-степных фитоценозов на отвалах вскрыши. Опубликовал более 50 научных работ. Автор монографии «Экология сосновых насаждений на отвалах угледобычи» (2013).

Куприянов Олег Андреевич — кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории Промышленной ботаники ФИЦ УУХ СО РАН (Институт экологии человека). Окончил Кемеровский государственный университет. Специалист по ботанике, мониторингу лесных экосистем, спутниковой навигации и геоинформационным системам. Принимал участие в разработке ГИС-проекта «Комплексная геоэкологическая оценка территории Новокузнецкого района». Автор 36 научных работ.

Силантьева Марина Михайловна — доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники, декан биологического факультета Алтайского государственного университета. Специализация — география растений, биогеография, флористика, охрана растительного покрова, особо охраняемые природные территории, археоботаника, реконструкция и антропогенная трансформация растительного покрова. Руководитель грантов: РФФИ 11-04-98061-р_сибирь_а «Состояние растительного покрова Кулунды в условиях изменений климата и систем землепользования» (2011); РФФИ 13-04-98075-р_сибирь_а «Реставрация степных экосистем сухостепной зоны Кулунды с учетом исторической реконструкции растительного покрова» (2013-2014); РГНФ 11-16-22008а/Т «Сохранение экосистемы степи Кулунды при непрерывном сельскохозяйственном использовании как необходимый элемент адаптации к климатическим и почвенным изменениям» (2011). Количество публикаций — 140. Автор учебно-методического пособия «Мониторинг охраняемых растений и животных в заказниках Алтайского края» (2013).

Гребенникова Анна Юрьевна — аспирант кафедры ботаники Алтайского государственного университета по специальности "экология растений". Руководитель инициативной группы «Экотон», получившей в 2012 г. грант от фонда Global Green Grants. В 2012-2016 гг. проходила научную стажировку в Университете Мартина Лютера (г. Халле, Германия), в ходе которой были освоены инновационные методы моделирования ареалов растений в программах MaxEnt, DescstopGarp, Bioclim. В 2013, 2016 годах прошла стажировку на инновационном оборудовании завода Walz (Германия). Количество публикаций по исследуемой теме — 14. Именной стипендиат Президента Российской Федерации, стипендиат фонда им. В.И. Вернадского, победитель конкурса среди научных, научно-педагогических работников и студентов, участвующих в решении задач социально-экономического развития Алтайского края в номинации "Студент года".

Голохваст Кирилл Сергеевич — доктор биологических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере Дальневосточного федерального университета, директор научно-образовательного центра нанотехнологий Инженерной школы, заместитель директора по развитию Школы естественных наук, председатель Совета молодых ученых ДВФУ. Окончил с отличием Амурскую государственную медицинскую академию. Научные интересы лежат в области экологии атмосферы городов и заповедников Дальнего Востока, нанотоксикологии, биоминерализации. Проходил зарубежные стажировки в университете Ниигаты (Япония, 2002) и в университетах Тель-Авива, Ариэля и Иерусалима (Израиль, 2013). В 2015 году обучался в Московской школе управления «Сколково», где получил профессиональную переподготовку по специальности «Управление проектами в университете». Опубликовано более 230 статей из списка ВАК, 65 статей Scopus и Web of Science, 4 монографии, 3 учебных пособия и 22 патента РФ. Победитель конкурса «Открытые инновации—2014», по итогам которого автор вошел в «Международный клуб 100 инноваторов». Главный редактор журнала «Achievements in the Life Sciences» (Elsevier). Член редколлегии «Food and Chemical Toxicology» (Elsevier).

Лукиянцев Сергей Владимирович — кандидат биологических наук, доцент кафедры сельскохозяйственной биологии Биологического института Томского государственного университета. Специалист по фауне прямокрылых и паукообразных. Автор 45 научных работ.

Для заметок

Для заметок

Научное издание

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В РАЙОНАХ УГЛЕДОБЫЧИ

*Утверждено к печати Ученым советом
Федерального исследовательского центра угля
и углехимии СО РАН*

Редактор *М.А. Миторнавская*
Дизайн, верстка *О.Н. Манакова*
Корректоры *В.В. Борисова, И.А. Шатерник*
Дизайн обложки *И. Баканова*
Фотографии *Ю.А. Манаков*

Сдано в набор 22.11.2016. Подписано в печать 22.02.2017.
Формат (70×100) ¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура LiteraturnayaC.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 16,69. Тираж 500 экз.

Академическое издательство «Гео»
Россия, 630055, г. Новосибирск, ул. Мусы Джалиля, 3/1, тел.: (383) 328-31-13
<http://www.izdatgeo.ru>

Отпечатано в типографии ООО «Азия Принт»
Россия, 650004, г. Кемерово, ул. Сибирская, 35а, тел.: (3842) 35-21-19