

Рис. 2 Распределение содержания ртути вниз по почвенному профилю разрезов 1,2 (нг/г) (эмбриозёмы дерновые)

На рисунке 2 наглядно продемонстрирована закономерность снижения концентрации ртути вниз по почвенному профилю. Гистограмма подтверждает то, что ртуть аккумулируется в органической части почвы, фракции которой и являются наиболее тонкими.

Таким образом в почвах Малосалаирского отвала флюсовых известняков содержание ртути колеблется в пределах от 6,4 до 201,8 нг/г. Такой разброс в значениях объясняется различной степенью развитости исследуемых эмбриозёмов: наименьшим содержанием характеризуется инициальный эмбриозём, так как данный вид почвы не подразумевает наличие органического или органо-минерального горизонта, в которых в наибольшей степени и аккумулируется ртуть. Тем самым и объясняется завышенный показатель ртути в эмбриозёме органо-аккумулятивном. Среднее содержание ртути во фракциях >0,5см, 0,5см, 0,25см и 0,01см соответственно равно 39,58; 49,61; 36,25; 70,19 нг/г. Что, соответственно, подтверждает литературные данные: концентрация ртути во фракции пропорциональна суммарной площади поверхности зёрен [3]. Изменение концентрации ртути в почвенном профиле также обусловлено понижением содержания илистой фракции почвы вниз по профилю, уходя в породу отвала, которой является известняк.

Литература

1. Гордеева, О. Н. Формы нахождения ртути в почвах природно-техногенных ландшафтов Приангарья [Электронный ресурс] / Гордеева О. Н., Белоголова Г. А., Рязанцева О. С. // Современные проблемы геохимии: материалы конф. молодых ученых 12-17 сентября 2011 г. – Иркутск: Институт геохимии СО РАН. – Режим доступа: <http://www.igc.irk.ru/Molod-konf/offline-2011/youngconf-2011/ru/reportview/49348.html>.
2. Малахов С.М. Чрезвычайная экологическая ситуация в Кузбассе – возможные пути решения [Текст] / С.М. Малахов // Труды Междунар. науч.–практ. конф. «Экологические проблемы угледобывающей отрасли в регионе при переходе к устойчивому развитию». – Кемерово, 1999. – С. 120–124.
3. Питиримов П.В. Ртуть в почвах на территории исторической части СПбГУ [Текст] / П.В. Питиримов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. - 2014. - №1. - С. 57-61.

СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКАХ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА «ЗОЛОТЫЕ ГОРЫ АЛТАЯ»

Малютена С.А., Большунова Т. А., Чернышев К. Н.

Научный руководитель – доцент С. В. Азарова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Мониторинг состояния окружающей среды в условиях постоянной интенсивной антропогенной нагрузки на экосистемы является неотъемлемой частью экологических исследований. Изучение природных компонентов на предмет химических загрязнителей, в частности тяжелых металлов, имеет значительную роль при оценке влияния техногенных процессов на окружающую среду.

Ртуть – ведущий естественный элемент, подлежащий строгому контролю и нормированию в связи со своей чрезвычайной токсичностью для человека и биоты в целом [7].

Актуальность использования эпифитных лишайников в качестве биоиндикаторов состояния окружающей среды на заповедных территориях природного комплекса «Золотые горы Алтая», в частности природного парка «Белуха», обусловлена их чрезвычайной чувствительностью к любым изменениям в атмосфере. Лишайники являются надежными индикаторами: за счет длительного периода их жизни возможно отследить динамику изменений содержания загрязняющих веществ в окружающей среде [3].

Значимость мониторинга на территории природного комплекса «Золотые горы Алтая» заключается в уникальности и своеобразности его природы. Комплекс занимает значительную часть Алтайской горной области, части пояса гор Южной Сибири. С 1998 года природный парк «Белуха», как часть Катунского заповедника и буферной зоны вокруг горы Белуха и другие объекты комплекса числятся в Списке объектов всемирного наследия ЮНЕСКО. Регион представлен последовательно сменяющимися друг друга высотными растительными зонами центральной части Сибири. Также особую важности имеет наличие здесь мест обитания исчезающих видов животных [2].

Цель исследования – оценка уровня ртутной загрязненности атмосферы на территории природного парка «Белуха» по результатам анализа эпифитных лишайников.

Отбор проб эпифитных лишайников проводился в сухую погоду у подножья горы Белуха в августе 2019г. Всего было получено 13 образцов лишайников: эпифитных - *Usnea subfloridana*, *Evernia mesomorpha*, *Lobaria pulmonaria*, и почвенных - *Cladonia rangiferina*. Пробы эпифитных лишайников отбирались со стволов взрослых деревьев, в основном хвойных видов. После сбора образцы были очищены от инородных включений и высушены при комнатной температуре [1].

Определение количественного содержания ртути в лишайниках проводилось в лаборатории микроэлементного анализа Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» Томского политехнического университета с помощью анализатора ртути с зеэмановской коррекцией неселективного поглощения «РА-915М», пиролитической приставки «ПИРО-915+» и пакета программ RA915P. Перед началом измерений проводилась градуировка по стандарту «Лист березы» (ГСО 89232007, СО КООМЕТ 0067-2008-RU) с содержанием ртути 37 нг/г. Масса навески составляла 20-60 мг.

Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Концентрации ртути в эпифитных лишайниках на территории природного парка «Белуха»

№	Характеристика площади отбора	Вид лишайника	Концентрация ртути в пробе, нг/г	Среднее по всем точкам, нг/г	Фоновое значение [6], нг/г
1	Район водопада Текелю	<i>Usnea subfloridana</i>	276,6	209,0	0,05
2	Район водопада Текелю	<i>Usnea subfloridana</i>	213,8		
3	Район водопада Текелю	<i>Usnea subfloridana</i>	273,8		
4	Район водопада Текелю	<i>Usnea subfloridana</i>	274,4		
5	Подножие г. Белухи, у Аккемского ледника	<i>Cladonia rangiferina</i> (почвенный лишайник)	19,8*		
6	Подножие г. Белухи, у Аккемского ледника	<i>Evernia mesomorpha</i> <i>Usnea subfloridana</i>	317,9		
7	Аккемское озеро - р. Аккем	<i>Evernia mesomorpha</i> <i>Usnea subfloridana</i>	354,1		
8	Аккемское озеро - р. Аккем	<i>Evernia mesomorpha</i>	145,8		
8а		<i>Usnea subfloridana</i>	116,7		
9	Аккемское озеро - р. Аккем	<i>Cladonia rangiferina</i> (почвенный лишайник)	46,8*		
10	Аккемское озеро - р. Аккем	<i>Usnea subfloridana</i>	142,6		
11	р. Аккем – стоянка «Три березы»	<i>Lobaria pulmonaria</i>	107,1		
12	р. Аккем – стоянка «Три березы»	<i>Lobaria pulmonaria</i>	76,5		

*В связи с тем, что концентрация ртути в напочвенных лишайниках на порядок ниже, чем в эпифитных, при расчете среднего значения эти показатели исключались

Для оценки полученных результатов, необходимо их сопоставление с данными похожих исследований. В качестве примера в таблице 2 приведены содержания ртути в эпифитных лишайниках на территориях Крымского полуострова [5].

Таблица 2

Средние значения содержаний ртути в пробах эпифитных лишайников на территориях Крымского полуострова

№	Исследуемый район	Среднее содержание ртути в пробах эпифитных лишайников, нг/г
1	Г. Армянск	85,0
2	Г. Симферополь	64,0±17,0
3	Красные пещеры, 3 км от с. Перевальное-2, Симферопольский район	79,0±25,0
4	С. Краснолесье, Симферопольский район	66,0±10,0
5	С. Высокое, Бахчисарайский район	64,0±21,0
6	Г. Севастополь	60,0±19,0
7	Ялтинский горно-лесной природный заповедник	306,0
8	Гор. округ Ялта	82,0±12,0
9	Крымский природный заповедник	130,0±42,0
10	Демерджи-яйла, ООПТ	110,0
11	Г. Судак	106,0±6,0
12	Гор. округ Феодосия	77,0±38,0
13	Г. Керчь	71,0±10,0

Для наглядности все значения приведены в графике на рисунке.



Рис. Сравнительный график значений содержания ртути в лишайниках эпифитах природного парка «Белуха» и полуострова Крым

Анализируя полученные данные, можно заметить, что значения концентраций ртути на заповедных и парковых территориях существенно выше значений в населенных пунктах. Такие результаты на Алтае говорят о высокой степени ртутного загрязнения как природного, так и техногенного характера. Причинами столь высоких значений можно назвать близость Акташского ртутного рудника, Алтае-Саянскую ртутную провинцию и металлургические центры Юго-Западной Сибири и Восточного Казахстана [4].

Литература

1. Большунова Т. С. Оценка степени трансформации природной среды в районах нефтегазодобывающего комплекса томской области по данным изучения снегового покрова и лишайников-эпифитов [Текст]: диссертация на соискание ученой степени канд. г.-м. наук. / Большунова Татьяна Сергеевна. – Томск, 2015. – 182 с.
2. Буторин, А. А. Золотые горы Алтая: Объект всемирного наследия / А. А. Буторин, Т. Яшина; Фонд "Охрана природного наследия". – Москва: Охрана природного наследия, 2009. – 59 с.
3. Евстафьева Е. В. и др. Содержание ртути в эпифитных лишайниках на территории Республики Крым [Текст] / Евстафьева Е. В. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – №. 7.
4. Робертус Ю. В. Дендрогеохимическая индикация трансграничных переносов экотоксикантов на территорию Алтая [Текст] / Робертус Ю. В., Рихванов Л. П., Любимов Р. В. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2010. – Т. 317. – №. 1.
5. Территориальные особенности распределения ртути в эпифитных лишайниках Крымского полуострова [Текст] / А.М. Богданова, Е.В. Евстафьева, Н.В. Барановская, Е.Е. Ляпина, С.Л. Тымченко, Т.С. Большунова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2020. – №. 50.
6. Элементный состав лишайника Rhizocarpon на камне как индикатор переноса загрязняющих веществ на территорию Алтая [Текст] / Робертус Ю. В., Рихванов Л. П., Юсупов Д. В., Любимов Р. В., Кивацкая А. В.,

- Ситникова В. А., Большунова Т. С. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – №. 3.
7. World Health Organization/ United Nations Environment Programme (WHO/UNEP). Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. World Health Organization, Geneva, Switzerland: Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals, 2008. 167 p. URL: <https://www.who.int/foodsafety/publications/chem/mercuryexposure.pdf> (дата обращения: 31.03.2020).

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ ДЕРЕВЬЕВ НА СНИМКАХ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Маслов К. А.

Научный руководитель – доцент О.С. Токарева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Уссурийский полиграф – инвазионный короед, поселяющийся в естественных и искусственных насаждениях пихты сибирской и негативно воздействующий на состояние деревьев, что приводит к их усыханию. Ареал вредителя включает в себя Томскую, Кемеровскую, Новосибирскую области, Алтайский край и другие субъекты Российской Федерации и постоянно расширяется [1, 2].

Аэрокосмический мониторинг позволяет регулярно получать достоверную информацию для больших площадей лесных насаждений, что необходимо при оценке текущего состояния пихтарников, отслеживания изменений, обнаружения очагов массового размножения вредителя и планирования соответствующих лесохозяйственных мероприятий. При этом снимки, получаемые с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), имеют ряд преимуществ в использовании при сравнении с космическими снимками: более высокое пространственное разрешение, условная независимость от облачности и более гибкий выбор времени съемки. В данной работе предлагается использовать методы машинного обучения для автоматизированной интерпретации снимков с БПЛА в задаче сегментации поврежденных деревьев пихты на изображениях.

За основу взята шкала состояния деревьев пихты сибирской в очагах уссурийского полиграфа, разработанная сотрудниками Института мониторинга климатических и экологических систем [2]. В зависимости от цвета и изреженности кроны, степени усыхания, повреждений стволов деревьев и т.п. выделяется шесть категорий (рис. 1).

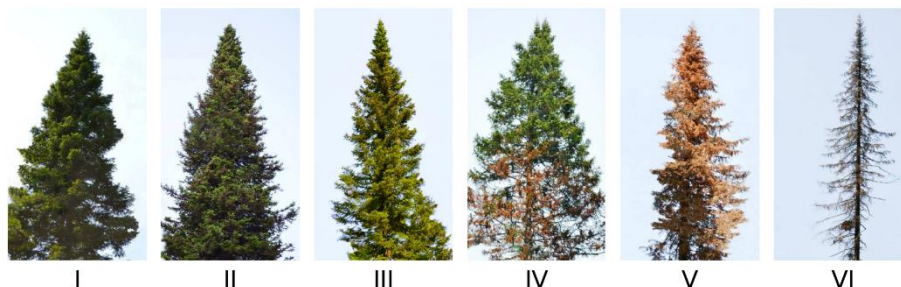


Рис. 1 Кроны деревьев пихты сибирской. Категории повреждения уссурийским полиграфом обозначены римскими цифрами [2]

В качестве исходных данных были использованы три снимка в видимом диапазоне электромагнитного спектра, сделанные с БПЛА мультироторного типа DJI Phantom 3 Standard в августе 2017 г.. Высота съемки составляла примерно 350 м, что соответствует пространственному разрешению порядка 0,10 м в области надира. При интерпретации снимков с БПЛА эксперт не смог отделить друг от друга некоторые категории деревьев, поэтому всего было выделено четыре класса деревьев пихты: 1) «живые» (соответствует категориям I и II), 2) «отмирающие» (III и IV), 3) «свежий сухостой» (V) и 4) «старый сухостой» (VI), пиксели остальных объектов относились к классу 0 «фон». На рис. 2, а представлены фрагменты исходных снимков с указанием классов деревьев пихты. Области размеченных точечными метками кроны были представлены в виде полигонов (рис. 2, б) с использованием графического редактора GIMP.