

Влияние загрязнения тяжелыми металлами на устойчивость пихты сибирской к воздействию полиграфа уссурийского

РОМАНОВА М.Н., КУЛАКОВА Н.Н., КУЛАКОВ С.С.

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 660037, г. Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31

Ключевые слова: полиграф уссурийский, пихта сибирская, зимние осадки, атмосферное загрязнение, ПДК, тяжелые металлы

На территории Сибири пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) подвержена высокому уровню повреждений инвазивным видом - полиграфом уссурийским (*Polygraphus proximus* Blandford). На текущее время масштабы распространения вредителя довольно обширны [1 – 4]. Одним из факторов уменьшения устойчивости пихты сибирской к воздействию опасного вредителя можно рассматривать негативное антропогенное влияние. Современные природные системы подвержены высокому уровню воздействия человеческой деятельности. Выбросы предприятий, эмиссия автомобилей и другие загрязнители снижают эффективность иммунной системы растений и накладывают свой отпечаток на жизнедеятельность растительного мира.

В связи с этим можно рассматривать загрязнение окружающей среды как фактор уменьшения устойчивости отдельных деревьев и древостоев в целом перед различными вредителями. Природные условия г. Красноярска способствуют застою воздушных масс. На территории города расположены разнопрофильные промышленные предприятия, отмечается высокая загруженность автотранспортом – все это увеличивает нагрузку на окружающую среду. При этом одним из аспектов загрязнения можно выделить загрязнение тяжелыми металлами, избыточное содержание которых оказывает токсичное действие на лесную экосистему [5].

В данном исследовании проведен сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в снегу, отобранном в здоровых и поврежденных полиграфом уссурийским древостоях пихты сибирской вблизи г. Красноярск. В качестве установленной нормы был использован показатель предельно допустимой концентрации (ПДК). Было проанализировано содержание 11 тяжелых металлов в валовой форме (алюминий, кальций, кадмий, кобальт, медь, железо, магний, никель, марганец, свинец, цинк), являющихся наиболее распространенными металлополлютантами в почвах.

Задачей исследования являлось установление взаимосвязи между загрязнением тяжелыми металлами и повреждением пихтовых древостоев.

Анализ был проведен с помощью эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой iCAP 6300 Duo с использованием методики по ГОСТу 31870-2012. Снег был отобран в весенний период 2021 и 2022 годов, было проведено сравнение результатов анализа проб по уровню ПДК, и сравнение результатов анализа проб между двумя годами исследования.

В таблице 1 представлены результаты анализа проб снега 2021 года, в таблице 2 – 2022 года. Пробы под номерами 1.1 – 2.3 взяты в древостоях пихты сибирской поврежденных полиграфом уссурийским. Пробы 3.1 – 3.3 являются контрольными, образцы снега для которых отобраны в неповрежденных древостоях пихты сибирской.

Таблица 1. Результаты анализа проб 2021 года.

Показатель, мг/л	Номер пробы								
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
Алюминий	0,0602	0,0476	0,0625	0,0211	0,052	0,0169	0,0192	0,0265	0,041
Кальций	1,752	1,554	1,257	1,292	1,16	0,9747	1,451	1,547	1,523
Кадмий	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	0,0003	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001
Кобальт	<0,0002	<0,0002	0,0001	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
Медь	0,0006	0,0027	0,0003	0,0005	0,0043	0,0008	<0,0001	0,0014	0,0001
Железо	0,0231	0,0167	0,0215	0,0118	0,0331	0,0117	0,0148	0,0174	0,036
Магний	0,15	0,18	0,08	0,14	0,08	0,08	0,13	0,18	0,14
Марганец	0,0208	0,0136	0,0142	0,0067	0,0079	0,0045	0,0081	0,0123	0,009
Никель	0,0003	0,0006	0,0004	0,0002	0,0007	0,0002	0,0003	0,0007	0,0001
Свинец	0,0009	0,0004	0,0003	0,0005	0,0004	<0,001	<0,001	0,001	<0,001
Цинк	0,0063	0,0039	0,0061	0,0026	0,0293	0,0025	0,0033	0,0066	0,002

Показатель, мг/л	Номер пробы								
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
Алюминий	0,0089	0,0068	0,0089	0,0177	0,0071	0,0058	0,0040	0,0137	0,0001
Кальций	4,130	3,012	2,927	3,801	1,874	2,108	2,058	2,254	2,24
Кадмий	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Кобальт	<0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0001	<0,0002	<0,0001
Медь	0,0001	0,0003	0,0002	0,0019	0,0010	0,0003	<0,0001	0,0006	0,0001
Железо	<0,0001	0,0021	0,0001	0,0162	0,0031	0,0015	<0,0001	0,0071	0,002
Магний	0,25	0,19	0,34	0,80	0,21	0,20	0,16	0,35	0,1
Марганец	0,0265	0,0198	0,0182	0,0019	0,0140	0,0162	0,0414	0,0783	0,03
Никель	<0,0005	0,0003	<0,0005	0,0004	0,0004	0,0001	<0,0005	0,0002	0,0001
Свинец	<0,001	<0,001	0,0001	0,0005	0,0002	0,0011	<0,001	0,0005	<0,001
Цинк	0,0062	0,0018	<0,0001	0,0083	0,0058	0,0007	0,0010	0,0050	0,0001

Таблица 2. Результаты анализа проб 2022 года.

По результатам анализа установлено, что превышение ПДК ни в одной из проб не найдено. Значения содержания тяжелых металлов в контрольных (неповрежденных) пробах меньше ПДК в 5 и более раз. В первую очередь, это говорит об отсутствии загрязнения именно тяжелыми металлами на территории исследований.

При сравнении результатов анализа двух проб разных лет наблюдений можно отметить, что уровень содержания тяжелых металлов колеблется в разное время. Содержание таких металлов, как алюминий, медь, железо и свинец выше в пробах 2021 года, а содержание кальция, кадмия, кобальта, магния, марганца, никеля и цинка выше в пробах в 2022 года. При этом разница между проведенными анализами проб 2021 и 2022 года

несущественная и составляет не более 0,1 мг/л, кроме кальция, где разница составляет 1-3 мг/л. Зависимости данных результатов двух лет исследований от интенсивности повреждений полиграфом уссурийским нет.

Согласно анализу результатов, превышение нормы содержания тяжелых металлов по ПДК не наблюдается ни в одном из образцов. Также, исходя из результатов анализа, не выявлено четкой зависимости между уровнем содержания тяжелых металлов и повреждениями полиграфом уссурийским деревьев пихты сибирской.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что фактор загрязнения тяжелыми металлами, и в связи с этим уменьшение защитных функций деревьев пихты сибирской по отношению к полиграфу уссурийскому, не является решающим. Поэтому для выявления антропогенных факторов, оказывающих негативное влияние на иммунную систему пихты сибирской, необходимо дальнейшее исследование с применением химических и генетических анализов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение коллективом научной лаборатории «Защита леса» проекта «Фундаментальные основы защиты лесов от энтомо- и фитовредителей в Сибири» (№ FEFE-2020-0014).

Библиографический список:

1. Krivets, S.A., Bisirova, E.M., Kerchev, I.A. *et al.* Transformation of taiga ecosystems in the Western Siberian invasion focus of four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *Russ J Biol Invasions* **6**, 94–108 (2015). <https://doi.org/10.1134/S2075111715020058>

2. Kerchev, I.A. Ecology of four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera; Curculionidae, Scolytinae) in the west Siberian region of invasion. *Russ J Biol Invasions* **5**, 176–185 (2014). <https://doi.org/10.1134/S2075111714030072>

3 Кривец, С.А. Трансформация таёжных экосистем в очаге инвазии полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Западной Сибири [Текст] / С. А. Кривец, Э. М. Бисирова, И. А. Керчев, Е. Н. Пац, Н. А. Чернова // Российский журнал биологических инвазий. – 2015. – № 1. – С. 41-63

4. Дебков, Н.М. Закономерности изменения структуры пихтовых лесов, поврежденных в результате инвазии уссурийского полиграфа / Н.М. Дебков // Лесотехнический журнал 2018. - № 1. – С. 13-22

5. Григоренко, А.В. Влияние аэротехногенного загрязнения на компоненты лесной экосистемы (на примере Минусинского ленточного бора). Диссертация на соискание уч. степ. канд.биол.наук. / А.В. Григоренко. – Красноярск, 2016. – 196 с.