

## ВЛИЯНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ЛИШАЙНИКИ

**Впервые в Астрахани изучено влияние тяжелых металлов на морфологические признаки у лишайников. Выяснена способность тяжелых металлов накапливаться в живых организмах.**

Современное состояние окружающей среды в первую очередь определяется деятельностью человеческого общества.

Имеется несколько основных источников поступления тяжелых металлов (ТМ) в окружающую среду: карьеры и шахты при добыче полиметаллических руд; металлургические предприятия; электростанции, сжигающие уголь; химические средства защиты сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей.

Анализ публикаций показал, что лишайники применялись для индикации качества атмосферы загрязнителями различного происхождения: вулканической деятельностью, влиянием геотермальных водных источников (Barnigiani et al., 1990; Bargagli, Barnigiani 1991; Loppi, 2001); промышленных предприятий (Горшков, 1986, 1990, 1991; Израэль Ю.А. и др., 1982; Петрушина, 1987; Залиханов, 1990; Скирина, Качур, 1991; Малышева, 1992; Михайлова, Воробейчик, 1999; Бязров, 2002; Roberts, Tompson, 1980; Takala et al., 1978; Murphy et al., 1999); работающих электростанций (Garty, 1987) и др.

Нельзя игнорировать как источник тяжелых металлов цементную пыль. Разумеется, атмосферные выбросы цементных заводов экологически и социально опасны прежде всего наличием в них силиконовой пыли. Однако, судя по данным К. Рэуце и С. Крыстя (1986), в ней содержится (мг/кг) Cd до 31, Си до 218, РЬ – до 836.

Значительным источником загрязнения почв и атмосферного воздуха может быть автомобильный транспорт. Основными неблагоприятными воздействиями автотранспорта являются загрязнения и механические повреждения элементов окружающей среды (в первую очередь почв). Именно почва принимает на себя основную неблагоприятную нагрузку, создаваемую токсичными веществами.

Один из основных токсичных компонентов – окись углерода – оказывает неблагоприятное воздействие на растительность, приводя к ее раннему старению, угнетению.

Автомобильный транспорт является одной из основных причин загрязнения атмосферы свинцом.

Дорожная пыль содержит канцерогенные вещества, которые входят в состав сырьевых материалов, применяемых в покрытиях дорог и для изготовления покрышек транспортных средств.

Загрязнение атмосферного воздуха, связанное с работой агрегатов автомобиля, имеет три основных источника в виде систем: выпуска двигателя, смазки и вентиляции картера, питания топливом. Наибольшая часть вредных веществ, выделяемых двигателем автомобиля, приходится на долю отработавших газов, в составе которых содержатся более 200 различных химических соединений, в том числе опасных для здоровья человека и вредных для окружающей среды (Иванов, Сторчевус, 1990).

Кроме того, исследования тяжелых металлов в городской среде проводили Обухов, Лепнева (1989); Парибок (1982); Алексеев (1987).

Содержание опасных веществ в отработавших газах автомобилей в значительной мере зависит от режима работы, двигателя, его технического состояния, рода применяемого топлива.

Отработанные газы двигателей внутреннего сгорания содержат сложную смесь. В основном образуют ее газообразные вещества и небольшое количество твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии. Газовая смесь состоит из инертных газов, проходящих через камеру сгорания без изменения, продуктов сгорания и несгоревшего окисления. Твердые частицы – это продукты дегидрирования топлива, металлы, а также другие вещества, которые содержатся в топливе и не могут сгореть. По химическим свойствам, характеру воздействия на организм человека вещества, составляющие отработанные газы, разделяются на нетоксичные ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $H_2$ ) и токсичные ( $CO$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$ , альдегиды и др.)

Атмосферный воздух загрязняется непосредственно топливными испарениями из топливных баков, топливопроводов, карбюраторов.

Таким образом, автотранспорт – источник эмиссии в атмосферу сложной смеси химических соединений, состав которых зависит не только от вида топлива, типа двигателей и ус-

ловий его эксплуатации, но и от эффективности контроля выбросов.

Среди многочисленных загрязнителей особое место занимают ТМ. К ним условно относят химические элементы с атомной массой свыше 50, обладающие свойствами металлов или металлоидов. Считается, что среди химических элементов ТМ являются наиболее токсичными. Согласно классификации Дж. Вуда (1974.) к очень токсичным отнесены следующие химические элементы (большинство из них ТМ): Be, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Te, Rb, Ag, Cd, Au, Hg, Pb, Sb, Bi, Pt.

В соответствии с российским ГОСТом они разделяются на три класса:

1. As, Be, Cd, Hg, Se, Pd, Zn.
2. Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Sb.
3. V, W, Mn, Sr.

ТМ опасны именно тем, что обладают способностью накапливаться в живых организмах, вмешиваться в метаболический цикл, образуя высокотоксичные металлосодержащие органические соединения. Они быстро изменяют свою химическую форму при переходе из одной природной среды в другую, не подвергаясь биохимическому разложению.

Еще у ТМ особое химическое свойство, присущее только им. Они катализируют многочисленные химические реакции, протекающие в любой сфере: окислительно-восстановительную, гидратацию, дегидратацию, циклизацию и изомеризацию, метилирование и деметилирование, возникновение двойных и тройных связей и многие др.

Потому-то они и особенно опасны: наличие одного металла, например, Mn, Co, тем более двух или нескольких – Mn, Co, Fe и др. может иметь следствием непредсказуемый ход биологических и экологических процессов.

Растения способны накапливать катионы тяжелых металлов, поглощенные ими из воздуха и атмосферных осадков. Наибольшей металлосодержащей способностью обладают лишайники (Ванштейн, 1982). Токситолерантный вид *Xanthoria parietina* обладает механизмом защиты клеток от токсичного действия Pb и Zn. Считается, что у этого вида металлы осаждаются на стенках клеток грибных гиф через образование карбоксильных групп. Гипераккумуляция металлов есть следствие реактивного механизма с органическими кислотами, вырабатываемыми лишайниками, а толерантность к металлам достигается пассив-

ным образованием комплексов (Sarret et al., 1998). Вероятно, толерантность к металлам и их гипераккумуляция представляют собой генетически независимые свойства организмов, что было показано на сосудистых растениях (Mac Nair et al., 1999).

При концентрации тяжелых металлов в атмосфере, равной фоновой, средняя концентрация каждого из них в лишайниках выше, чем в наземных частях высших растений (без учета специфики отдельных видов, иногда возможны некоторые нарушения такой закономерности). Исключение составляет марганец, содержание которого больше в сосудистых растениях, а также никель, кобальт, золото и молибден, содержание которых в лишайниках и высших растениях примерно одинаковое (Израэль Ю.А. и др., 1982). Данные приводятся в таблице 1.

В Астраханской области проводились исследования сосудистых растений: Ноздрачев В.Я., Кельдеянова Г. (1997) исследовали влияние тяжелых металлов на репродуктивную сферу стрелолиста обыкновенного и ежеголовника прямого, Кузьмина Е.Г., Лаврентьева О.В. (2000), Кузьмина Е.Г., Перонко Е.И. (2002) исследовали содержание тяжелых металлов в полыни Лерха, лебеде татарской, в листьях *Salix alba*. Данные исследования приводим в таблицах 2, 3

Исследования накопления тяжелых металлов в талломах лишайников *Xanthoria parietina* в условиях загрязнения окружающей среды выбросами автотранспорта (Новый мост через р. Волгу) были проведены в 1999-2000 гг. Данные исследования приводим в таблицах 4, 5.

Таблица 1. Средняя концентрация металлов в растениях при фоновой концентрации металлов в воздухе (мг/г сухой массы)

Вид растений	Pb	Zn	Cu	Fe	Cr	Ni	Hg	Cd	Ti	V	Mn
Сосудистые растения	1,5	32	6,2	140	0,2	3	0,02	0,45	1	1,6	630
Лишайники	14	102	8,5	1000	1,84	4	0,15	0,85	20	5,5	240

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в листьях *Salix alba* (мг/кг сухой массы), август 1999 г.

Участки	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn
А	6,5	3,8	0,39	63,4	21
Б	5	2,54	0,48	49	11
В	-	3	0,54	22	-
Г	-	-	0,2	18	-

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов в листьях *Salix alba* (мг/кг сухой массы), май 2000 г. (Новый мост через р. Волгу)

Участки	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn
А	16	7,5	0,82	71	27
Б	9,5	5,4	0,96	54	14
В	5,4	5	0,71	37	-
Г	-	3,6	0,47	26	-

Таблица 4. Содержание тяжелых металлов в *Xanthoria parietina* (мг/г сухой массы), август 1999 г. (Новый мост через р. Волгу).

Участки	Расстояние (м) от Нового моста	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn
1	100	7,5	4,4	1,9	66,8	21
2	200	6	3,5	1,2	59	12
3	500	3	2,34	1,48	32	5
4	800	-	-	0,54	20,2	-

Таблица 5. Содержание тяжелых металлов в *Xanthoria parietina* (мг/г сухой массы), сентябрь 2000 г. (Новый мост через р. Волгу)

Участки	Расстояние (м) от Нового моста	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn
1	100	18	9,5	1,8	75	18
2	200	13,5	6,5	0,96	64,05	17
3	500	1,5	6	0,81	47	4
4	800	-	4,5	0,67	36	-

### Выводы.

В результате проведенной работы можно сделать вывод, что выхлопные газы автомобильного транспорта являются значительным источником загрязнения атмосферы тяжелыми металлами. В ходе работы было определено содержание меди, свинца, кадмия, марганца, цинка в листьях ивы белой (Кузьмина Е.Г., Лаврентьева О.В., 2000) и в лишайниках *Xanthoria parietina* как доминанта исследуемой территории (Закутнова, Пилипенко, 2003).

Проведенными исследованиями доказана адекватность загрязнения растений, произрастающих на прилегающих к мосту участках. По мере удаления участков от исследуемого объекта загрязнения содержание тяжелых металлов

в растениях снижается и приближается к допустимым концентрациям.

При избыточном загрязнении листьев *Salix alba* наблюдается повышение содержания токсичных элементов в талломах *Xanthoria parietina*. Нами отмечено, что на участке №1 (100 метров от Нового моста) под воздействием тяжелых металлов размеры и окраска талломов лишайников изменились, однако лишайники сохранились и окончательно не разрушились. По-видимому, это объясняется локализацией металлов в форме нерастворимых солей на поверхности таллома (Ванштейн Е.А., 1982). Таким образом, лишайники аккумулируют значительное количество тяжелых металлов. При сравнении средних показателей концентрации тяжелых металлов в растениях (Инсарова, 1983) оказалось, что по астраханскому региону тяжелых металлов в талломах *Xanthoria parietina* также накапливается больше.

Таким образом, концентрация тяжелых металлов в сосудистых растениях *S. alba* меньше, чем в талломах лишайника *X. parietina*.

При изучении данных за 1999-2000 гг. была выявлена значительная тенденция по увеличению содержания тяжелых металлов в комплексе *S. alba* – *X. parietina*, что свидетельствует об ухудшении состояния окружающей среды, и одной из причин является увеличение количества транспорта.

Результаты исследования можно рассматривать в двух природоохранных аспектах: один связан с интересами человека в использовании лишайников для биоиндикации загрязнения среды металлами, а другой аспект связан с влиянием загрязнения металлами на лишайники, у которых происходит уменьшение площади таллома, снижающее сорбционную поверхность, увеличение толщины медуллы и внешнего кортекса, которые защищают фотобионт и увеличивают плотность резин, тоже выполняющих защитную функцию: они связывают в клеточных стенках большое количество металлов и препятствуют их транслокации (Goyal R. et al., 1982).

### Список использованной литературы:

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах. – Л.: «Агропромиздат», 1987. – 141 с.
2. Астраханский вестник экологического образования, 2002 №1 (3), №2 (4).
3. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М., 2002.
4. Ванштейн Е.А. Некоторые вопросы физиологии лишайников. III. Минеральное питание // Ботанический журнал, 1982, т. 67. №5. С. 561-571.
5. Горшков В.В. Эпифитные лишайники сосновых Кольского полуострова (формирование, экология, влияние антропогенных факторов) / Автореф. дис. канд. биол. наук. Л.: БИН АН СССР, 1986. 21 с.
6. Горшков В.В. Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северотаежных сосновых лесов // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 144-159.

7. Горшков В.В. Разрушение эпифитного лишайникового покрова стволов сосен в сосновых лесах Кольского полуострова под действием атмосферного загрязнения // Экология. 1991. №4. С. 20-27.
8. Данилов-Данильянц В.И. (ред.) О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации за 1988-1998 гг. (аналитическая записка). Приложение 2 к Государственному докладу «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1998 г.» Госкомитет РФ по охране окружающей среды: Государственный центр экологических программ. М., 1999.
9. Закутнова В.И. Лихенофлора Астрахани // Естественные Науки. Журнал фундаментальных и прикладных исследований №1. Астрахань, 1999. С. 133-139.
10. Закутнова В.И. Лишайники как индикаторы загрязненности воздуха // Ученые записки материалов докладов итоговой научной конференции. (20-21 апреля, 1996) // Естественные науки. Астрахань, 1996 б. С. 54-55.
11. Закутнова В.И. Лишайники ЧИ АССР, нуждающиеся в охране // Научно-практическая конференция «Редкие и исчезающие виды растений и животных. Флористические и фаунистические комплексы Северного Кавказа, нуждающиеся в охране». Грозный, 1989. С. 155-156.
12. Закутнова В.И. Современное состояние лишайнофлоры Астрахани и ее изменение за 4 года // Мат. Российской научной Конференции (19-20 октября 1998) «Эколого-биологические проблемы волжского региона и Северного Прикаспия». Астрахань; 1998. С. 80-81.
13. Закутнова В.И. Эпифитные лишайники как индикаторы загрязнения атмосферного воздуха // Известия АН Азерб. ССР. Серия биол. 1988. С. 122-128.
14. Закутнова В.И., Зайсунова Е. Лишайники г. Астрахани // Итоговая Научная Конференция (29 апреля, 1997) Ботаника. Астрахань. Из-во: АГПУ. 1997 б. С. 10.
15. Закутнова В.И., Пилипенко Т.А. Лихеноиндикационные особенности экологических групп лишайников Астрахани. // Материал. Областной научно-практ. Конференции. «Актуальные проблемы дошкольного, начального образования и пути повышения уровня компетентности педагогических кадров в условиях модернизации образования». Астрахань, 2003. С. 322-327.
16. Закутнова В.И., Пилипенко Т.А. Мониторинг лишайников Енотаевского района Астраханской области // Всероссийская научная Конференция «Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия» Астрахань, 2003.
17. Закутнова В.И., Пилипенко Т.А. Лихенофлора Володарского района Астраханской области. // Естественные Науки. Discipline Naturales. ББК – 2. АГУ. 2003. С. 29-32.
18. Закутнова В.И., Пучков М.Ю. Лихеноиндикационные методы исследования экологического состояния воздуха г. Астрахани // Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия. Науч. конференция (3-4 октября, 1996). Часть II. Астрахань., 1996. С.16.
19. Залиханов А.М. Природная индикация экологических модификаций в районе Тырнаузского горно-металлургического комбината // Экологическая модификация и критерии экологического нормирования: Труды Международного симпозиума, Нальчик, 1-12 июня 1990 г. Л., 1991. С. 368-372.
20. Израэль Ю.А. Теоретические и прикладные аспекты фонового экологического мониторинга состояния биоты. // Проблемы экологии экологического мониторинга и моделирования экосистем. - М., 1980. Т. 3. С. 7-23.
21. Израэль Ю.А., Филиппова Л.М., Равинский Ф.Я. Программа экологического мониторинга в биосферных заповедниках // Биосферные заповедники. Труды 2 советско-американского симпозиума. Л., 1982. С. 128-141.
22. Инсаров Г.Э., Инсарова И.Д. Лишайники в условиях фонового загрязнения атмосферы двуокиси серы // Проблемы экологического мониторинга моделирования экосистем. Л., 1986. Т.9. С. 242-258.
23. Инсарова И.Д. Влияние тяжелых металлов на лишайники // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., 1983. Т. 6. С. 101-113.
24. Иванов В.Н., Сторчевус В.К. Экология и автомобилизация – К.: Будивельник. – 1990. – 128 с.
25. Кузьмина Е.Г., Перонко Е.И. Исследование накопления тяжелых металлов и серы в комплексе почва – растения в районе расположения Астраханской ТЭЦ // Сборник научных трудов. Проблемы охраны здоровья и окружающей среды. Астрахань, 2002. С. 95-96
26. Кузьмина Е.Г., Лаврентьева О.В. Эколого-фитоценологическая характеристика сообществ с доминированием ивы белой на острове Городском // Всероссийская научная конференция. Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия. Астрахань. 4-6 окт. 2000. С. 224-226.
27. Котлов Ю.В. О моделировании эволюции основных жизненных форм лишайников // Ботанический журнал. 1995. Т. 80. №3. С. 26-30.
28. Кравчук Л.А. Лихеноиндикация загрязнения атмосферного воздуха городов Беларуси. Автореф. дис... канд. геогр. наук. Минск, 2001.
29. Лийв С.Э., Мартин Л.Н. Сравнение полеотолерантности эпифитных лишайников в городах Эстонии // Экологические особенности низших растений Советской Прибалтики. Вильнюс. 1977. С. 130-132.
30. Мальшева А.Г. Закономерности трансформации органических соединений в окружающей среде // Гигиена и санитария. 1997. №3. С. 5-10.
31. Мальшева Н.В. Лишайники Санкт-Петербурга. 3. Влияние городских условий и лишайноиндикация атмосферного загрязнения // Ботанический журнал. 1988. Т. 83. №9. С. 39-45.
32. Мальшева Н.В., Лапотникова Л.К. Влияние тяжелых металлов на морфологические признаки у лишайников // Экологическое нормирование: проблемы и методы: Тез. докл. науч. – коорд. совещ. Пушкино, 1992. С. 85-87.
33. Мартин Ю.Л. Динамика лишайниковых синузид и их биохимическая роль в экстремальных условиях среды: Диссертация доктора биол. наук. Таллин, 1987.
34. Материалы к государственному докладу о состоянии природной среды РФ по Астраханской области // Астрахань. 2000.
35. Моисеева Е.Н. Биохимические свойства лишайников и их практическое значение М.Л., 1961.
36. Михайлова И.Н., Воробейчик Е.Л. Размерная и возрастная структура популяций эпифитного лишайника *Nurogymnia physodes* (L.) Nyl. в условиях антропогенного загрязнения // Экология. 199. №2. С. 130-137.
37. Национальная оценка прогресса Российской Федерации при переходе к устойчивому развитию. 5. Сохранение окружающей среды и рациональное использование ресурсов. 5.2. Состояние атмосферного воздуха // Астраханский вестник экологического образования. 2002. №2 (4) С. 21-22.
38. Ноздрачев, В.Я., Кельдиянова Г. Влияние содержания металлов в воде на репродуктивную сферу стрелолиста обыкновенного и ежеголовника прямого // Научная конференция АГПУ (29 апреля 1997) Ботаника. Астрахань, 1997, С.14.
39. Урбанавичюс Г.П. Лихеноиндикация современных и палеоклиматических условий Южного Прибайкалья // Изв. РАН. Сер. Географии. 2002. №1. С. 81-90.
40. Обухов А.И., Лепнева О.М. Биохимия тяжелых металлов в городской среде // Почвоведение. М., 1989. – №5. – С. 79-83.
41. Парибок Т.А. Содержание металлов в листьях деревьев в городе // Ботанический журнал. – 1982. – №11. – С. 19-22.

42. Пилипенко В.Н., Сальников А.Л. Флора города Астрахани и его окрестностей // Естественные Науки. Discipline Naturales. ББК – 2. Журнал фундаментальных и прикладных исследований. №6. Астрахань, 2003. С. 19-25.
43. Петрушина М.Н. Геохимические особенности лишайников *Saloplasca elegans* в сфере воздействия горно-промышленного производства // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. М.: Наука, 1987.
44. Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на организм // Гигиена и санитария. М., 1992. – №5-6. С. 6-9.
45. Скирина И.Ф., Качур А.Н. Накопление тяжелых металлов в лишайниках как индикатор состояния окружающей среды (на примере горно-металлургического и химического производств ПО «Дальполимерметалл») // Сихотэ-Алинский биосферный район: производственно-природные отношения. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1991. С. 109-117.
46. Трасс Х.Х. Биоиндикация состояния атмосферной среды городов // Экологические аспекты городских систем. Минск, 1984. С. 96-109.
47. Шапиро И.А. Влияние сернистого ангидрида на содержание азота и пероксидазную активность у лишайников // Ботанический журнал 1993. Т.78. №6. С. 66-72.
48. Шапиро И.А. Обзор современного состояния хемосистематики лишайников // Новости систематики низших р-й. Т.17. Л., 1980. С. 152-154.
49. Шапиро И.А. Физиолого-биохимические изменения у лишайников под влиянием атмосферного загрязнения // Успехи современной биологии. 1996. Т.116. №2. С. 158-171.
50. Шапиро И.А., Нифонтова М.Г. Действие сернистого газа и гамма-излучения на нитроредуктазную активность у лишайника *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. // Экология. 1991. №3. С. 47-51.
51. Bargagli R. Mercury emission in an abandoned mining area: assessment by epiphytic lichens // Encyclopedia of Environmental Control Technology. Vol. 4. Hazardous Waste Containment and Treatment. P.N. Cheremisinoff – ed. Houston: Gulf Publishing Co., 1990 b. P. 613-640/
52. Bargagli R., Barghigiani C. Lichen biomonitoring of mercury emission and deposition in mining, geothermal and volcanic areas of Italy // Environ. Monit. Assess. 1991. V. 16. N 32. P. 265-275.
53. MacNair M.R., Bert V., Huitson S.B., Saumiton-Laprade P., Petit D. Zinc tolerance and hyperaccumulation are genetically independent characters // Proc. Royal Soc. London. Ser. B. 1999. V. 266. P. 2175-2179.
54. Murphy K.J., Alpert P., Cosentino D. Local impacts of a rural coal-burning generating station on lichen abundance in a New England forest // Environ. Pollut. 1999. V. 105. N3. P. 349-354.
55. Loppi S. Environmental distribution of mercury and other trace elements in the geothermal area of Bagnore (Mt. Amita, Italy) // Chemosphere 2001. V. 45. P. 991-995.
56. Roberts B.A., Thompson L.K. Lichens as indicators of fluoride emission from a phosphorous plant, Long Harbour, Newfoundland, Canada // Canad. J. Bot. 1980. V. 58. P. 2218-2228.
57. Sarret G., Manceau A., Cuny D., van Haluwyn C., Deruelle S., Hazemann J.-L., Soldo Y., Eybert-Burard L., Menthonnex J.-J. Mechanisms of lichen resistance to metallic pollution // Environ. Sci. Technol. 1998. V.32. №21. P. 3325-3330.
58. Takal K., Kauranen P., Olkkonen H. Fluorine content of two lichen species in the vicinity of a fertilizer factory // Ann. Bot. Fennici. 1978. V.15. P. 158-166.