

УДК 577.391:632.118.3(574)

**ОСОБЕННОСТИ ЛИШАЙНИКОВОЙ ФЛОРЫ
ГОРНОГО МАССИВА ДЕГЕЛЕН В МЕСТАХ ПРОВЕДЕНИЯ
ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ**

Г. С. Айдарханова
Канд. биол. наук Е.И. Андреева
Канд. с.-х. наук Б. А. Тулеубаев

Представлены сведения о лихенологических исследованиях Дегелена - одной из испытательных площадок Семипалатинского полигона. Определены ценопопуляции лишайников и закономерности их размещения в различных местообитаниях в зависимости от уровня ионизирующих излучений, от субстрата, экспозиции. Полученные результаты могут быть использованы при организации экологического мониторинга антропогенного загрязнения полигона.

Оценка степени радиоактивного загрязнения территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП) предусматривает определение содержания радионуклидов техногенного происхождения в различных биообъектах. Представляет определенный интерес горный массив Дегелен - одна из основных площадок СИП, как место обитания множества компонентов биогеоценоза, в том числе лишайников и мхов, отличающихся повышенной аккумуляцией радионуклидов. Целью работы является изучение особенностей распространения ценопопуляции лишайников в местах проведения подземных ядерных взрывов, способности аккумуляции радионуклидов различными видами исследуемой группы растений. Атомные испытания привнесли определенные изменения в природную среду горного массива и оказали воздействие на особенности современного растительного покрова исследуемой территории.

Участки территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП) являются местом обитания различных компонентов биогеоценозов. Техногенные ландшафты СИП отличаются пестротой и обилием различных видов лишайников. В статье впервые представлены сведения о лихенологических исследованиях Дегелена на основе обработки материала, собранного во время летних полевых экспедиционных работ 1995 года. Определены ценопопуляции лишайников и их размещение в различных местообитаниях в зависимости от уровня радиационного загрязнения, от субстрата, экспозиций. Полученные результаты

могут послужить фундаментом для последующего экологического мониторинга окружающей среды при антропогенном загрязнении.

Местом сбора лишайников являлся горный массив Дегелен. Здесь на испытательной площадке с 1961 по 1989 год в горизонтальных выработках проведено более двухсот подземных ядерных взрывов [3, 4]. В итоге проведенного в 1990 г. обследования горного массива было обнаружено более 50 участков радиоактивного загрязнения, непосредственно прилегающих к месту проведения испытаний.

Растительность Дегелена в основном представлена типично-степными сообществами, где доминантами являются: *Stipa capillata* A. Beck; *Artemisia gracilensens* Krasch et Iljn; *Koeleria cristata* (L.) Pers.; *Poa bulbosa* L. var. *vivipara* Koel.; *Carex stenophylla* Wahl; *Festuca sulcata* (Hack) Nym.; *Kochia prostrata* (L.) Schrad. и др. Почти всю поверхность почвы, незанятую основаниями дерновин и кустов растений, покрывают представители низших: мхов, водорослей и лишайников. Видовой состав мхов и водорослей очень беден, лишайников богаче. В совокупности растительных организмов выявлены наиболее доминантные 25 видов лишайников, произрастающих на участках с различным уровнем мощности экспозиционной дозы. Фоновый уровень радиации варьирует от 10 мкР/ч до 3000 мкР/ч (В системе СИ $1 \text{ мкР/с} = 2,58 \cdot 10^{-10} \text{ А/кг}$).

В табл. 1 представлен список видов, с указанием радиационного фона, субстрата обитания, частоты встречаемости образцов собранной коллекции. На момент исследования определено 25 доминантных видов лишайников. В число ведущих входят виды семейства *Parmeliaceae* (14 видов), а остальные представлены одним - двумя видами. Флора лишайников представлена несколькими экологическими группами - эпилитные, эпигейные, эпибриофитные, эпифитные, что характеризуется как типичное явление для лишайниковой флоры степной зоны [2]. Как показывают исследования, отдельные виды лишайников способны существовать в условиях широкой варибельности радиационного фона. Шесть видов обнаружены в местах, где мощность экспозиционной дозы превышает предельно допустимые в 6-30 раз. Это *Diploschistes scurposus* (Schreb.) Nyl, *Parmeliopsis ambigua* (Wulf) Nyl, *Parmelia stupea* Tayl, *P. scortea* Ach, *P. physodes* Nyl, *P. tinctoria* Mah. et Gill.

В межгорных равнинах распространены караганово-ковыльные степи с напочвенными лишайниками *Candelariella xantostygma*, *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl, *Y. encauta* (Sm) Nast, *Parmelia scortea* Ach, *P. stenophylla* (Ach). По морфологической структуре в основном представлены листоватые и кустистые формы лишайников. Видимо, микроклимат кустарниково - травянистой растительности способствует такому видовому разнообразию.

Таблица 1

Приуроченность доминирующих лишайников к участкам
с различным радиационным фоном

Название растения	Мощность экспози- ционной дозы, мкР/ч	Частота встречае- мости	Субстрат обитания
Coniocybe furfuraceae (L) Ach	25	Редко	Растительность
Diploschistes scruposus (schreb.) Nyl.	64-600	Нечасто	Скала, щебень
Cladonia pyxidata	20	Нечасто	Почвы, раститель- ность, мох
Rhizocarpon geograficum (L) DC	35	Часто	Гранит, щебень
Acarospora chloroplaca (Wahlenb.)	25-45	Нечасто	Каменное плато, защелоченный участок
Candelariella xantostigma	25-30	Нечасто	Растения, почва, щебень
Parmeliopsis ambigua (Wulf) Nyl	64-600	Нечасто	Скала
Hypogymnia physodes (L) Nyl	18-30	Часто	Почва
H. encauta (Sm) Wast	35-40	Часто	Почва
Parmelia centrifuga (L) Ach	35	Часто	Скала
P. stupea Tayl	35-40	Редко	Скала
P. scortea Ach	30-600	Часто	Скала, почва
P. physodes Nyl.	30-600	Нечасто	Скала
P. conspersa (Ehsh.) Ach	15-25	Часто	Скала
P. cetrata Ach	25	Редко	Скала
P. reticulata Tayl	35	Редко	Скала
P. tinctoria Mah. et Gill	36-3000	Нечасто	Скала
P. stenophylla (Acy.)	18-30	Редко	Скала, почва
P. prolixa (Ach) Rohl	26-45	Редко	Скала
P. subramigera Gyeln	25-30	Редко	Скала, почва
P. fraudans Nyl	18-30	Нечасто	Скала
P. exasperatula Nyl	18-30	Нечасто	Скала
P. pannifomes (Nyl) Vain	25	Нечасто	Скала
Caloplaca ectaniza (Nyl)			
Mer. in Bull	30	Часто	Скала
Placolecanora rubina (Vill) Saviez	25	Часто	Скала

Примечание. При оценке частоты встречаемости руководствовались системой А. Цальбрукнера [5].

На ковыльных, типчаковых мелкотравных участках преобладают эпигейные (напочвенные) виды *Coniocybe furfuracea* (L.) Ach, *Cladonia ruxidata*, *Candelariella xantostygma*. Следует отметить, что флористическое разнообразие обогащается за счет различных видов, поселяющихся на щебне. Главенствующее положение в этих местах занимают самые разнообразные накипные и чешуйчатые *Diploschistes scruposus* (Schreb.) Nyl, *Rhizocarpon geographicum* (L.) DC. На хорошо освещаемых поверхностях сопок, холмов встречаются различные виды рода *Parmelia*. На мхах, у основания валунов, скал развиваются *Cladonia ruxidata*. Наибольшее разнообразие лишенофлоры отмечено на каменистых участках (20 видов).

Установлено, что главным фактором, обуславливающим характер современного распределения растительного покрова местности, являются особенности рельефа. Рельеф горного массива Дегелен в связи с проведением ядерных испытаний претерпел значительные изменения. Так, например, кроме сети естественных ручьев, в период аномального количества атмосферных осадков возможно резкое повышение уровня воды в штольне и её вытекание на дневную поверхность. Наличие естественных и радиоактивных ручьев обуславливает развитие луговых степей, но на таких участках лишайники отсутствуют, и поэтому они не обследовались.

Многими исследователями отмечается, что в петрофитных вариантах горных степных сообществ наряду с синузией напочвенных лишайников большая фитоценотическая роль принадлежит эпилитным лишайникам каменистых пятен [1, 2]. Наши наблюдения показывают, что определяющими экологическими факторами, влияющими на рост лишайников, являются увлажнение и количество света. До 80-90 % проективного покрытия отмечено на северных и северо-восточных грядках массива. Видимо, влажные микроклиматические условия затененных скальных стен северной экспозиции являются более благоприятными для роста лишайников, чем более сухие микроклиматические условия солнечных поверхностей южной экспозиции.

Отдельные исследователи обнаружили в лишайниках повышенное содержание радионуклидов, по сравнению с другими растениями, и поэтому они с успехом используются как чрезвычайно тонкие индикаторы радиоактивного загрязнения в природных условиях [6]. С учетом этих особенностей лишайниковые сообщества на территории СИП привлекли внимание, и в дальнейшем будут продолжены исследования по изучению степени реакции лишайников на радиоактивное загрязнение. Для проверки этих гипотез в качестве объектов исследований выбраны лишайники из различных мест обитания на территории Дегелена. Для анализа отбирались виды листоватых и кустистых форм, так как именно они обеспечивают повышенную площадь аккумуляции. Кроме того, эффект накопления достигается, главным образом, за счет большой сорбционной поверхности на единицу массы. В табл. 2

представлены результаты радиометрического анализа восьми видов лишайников, принадлежащих к роду *Parmelia*.

Таблица 2

Показатели альфа- и бета-активности
лишайников рода *Parmelia*, Бк/кг

Вид лишайника	Бета-активность	Альфа-активность
<i>Parmelia scortea</i>	9000	426
<i>Parmelia stupea</i>	7000	
<i>Parmelia fraudans</i>	15000	348
<i>Parmelia stenophylla</i>	7000	354
<i>Parmelia panniformis</i>	8000	
<i>Parmelia cetrata</i>	11000	233
<i>Parmelia tinctoria</i>	11000	300
<i>Parmelia conspersa</i>	10000	360

На рис. показано накопление цезия этими же видами, установленное методом спектрометрического анализа, где по оси ординат указана удельная активность А, Бк/кг; по оси абсцисс - виды лишайников.

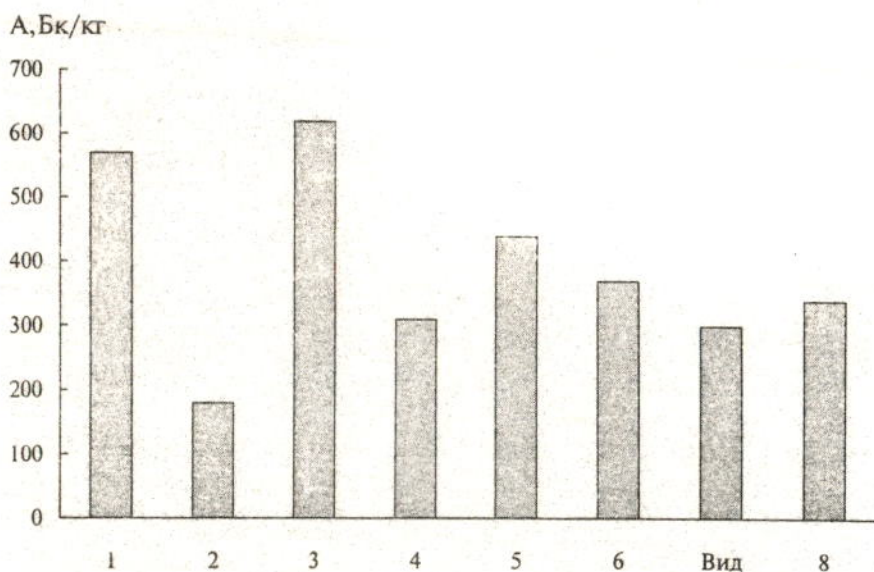


Рис. Содержание цезия-137 в лишайниках рода *Parmelia*. 1 - *Parmelia scortea*, 2 - *Parmelia stupea*, 3 - *Parmelia fraudans*, 4 - *Parmelia stenophylla*, 5 - *Parmelia cetrata*, 6 - *Parmelia panniformis*, 7 - *Parmelia tinctoria*, 8 - *Parmelia conspersa*.

Как свидетельствуют данные (см. табл. 2 и рис.), наибольшей аккумулярующей способностью обладают *Parmelia scortea* (570 Бк/кг), *Parmelia fraudans* (620 Бк/кг), *Parmelia cetrata* (470 Бк/кг), *Parmelia conspersa* (340 Бк/кг). Содержание цезия-137 в слоевищах лишайников в 2-8 раз выше ПДК. Необходимо отметить, что пробы для анализа отбирались на различных участках массива. Плотность радиоактивного загрязнения почвенно-растительного покрова не была однородной и колебалась в достаточно широких пределах. По-видимому, различие в содержании цезия в лишайниковых пробах зависит от степени и условий загрязнения объектов окружающей среды. Не исключено, что на накопление радиоактивных элементов в их слоевищах влияют морфологические и физиологические особенности каждого вида этих растений. Как показывают результаты исследований, между лишайниками и их субстратами не исключены сложные взаимоотношения. Зная точное местоположение, видовой состав, содержание радионуклидов в них, можно проследить за изменениями радиационной обстановки, происходящими в приземном слое атмосферы, и загрязнением окружающей среды.

Изученные виды лишайников горного массива Дегелен на территории бывшего СИП встречаются во всех растительных сообществах, типичных для степной зоны. По отношению к субстрату их можно подразделить на на скальные, напочвенные, растительные группы. На рост лишайников оказывает влияние комплекс экологических факторов. Нами установлено, что на современное распространение ценопопуляций лишайниковой флоры влияет комплекс экологических факторов. Неоднородность в способности к аккумуляции радионуклидов лишайниками определяется разнообразием их анатомоморфологического строения и физиологической деятельности, свойственной отдельным видам, а также физико-химическими свойствами почв, имеющих различия в местах их обитания. Установлено, что лишайники способны существовать в пределах мощности экспозиционной дозы 18-3000 мкР/час и при наличии радиоактивности по α -излучению 233-426, по β -излучению 7000-15000 и Cs^{137} 150-620 Бк/кг. Проведенные исследования и полученные результаты указывают на необходимость организации постоянного контроля радиационной обстановки и экологического мониторинга на различных биогеоценозах всей территории СИП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Голубкова Н.С. Анализ флоры лишайников Монголии. - Л.: Наука, 1983. - 44 с.
- 2 Седельникова Н.В. Лишайники горно-степных фитоценозов Алтая // Ботанический журнал. - 1987. - Т. 72, ч.5. - С. 626-632.

- 3 Семипалатинский испытательный полигон: оценивая радиоэкологические эффекты / Ю.В. Дубасов, А.М. Матущенко и др. // Бюл. ЦОИ по атомной энергии. - 1993. - Спец. выпуск от 20 января. - С. 22-34.
- 4 Семипалатинский полигон: хронология подземных ядерных взрывов и их первичные радиационные эффекты / В. Горин, Г.А. Красилов и др. // Бюл. ЦОИ по атомной энергии. - 1993. - № 9. - С. 21-32.
- 5 Флора споровых растений Казахстана. Т.ХІ. Лишайники - Lichenes / Под ред. Андреевой Е.И. - Алма-Ата: Наука, 1978 - 1987. - 520 с.; Кн. 1. - 1978; Кн. 2. - 1983; Кн. 3. - 1987.
- 6 Шапиро И.А. Загадки растения сфинкс. - Л.: Гидрометеиздат. - 1991. - С. 63-64.

Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК

ДЕГЕЛЕН ТАУЛАРЫНДА ЖЕР АСТЫ ЯДРОЛЫҚ ЖАРЫЛЫСТАРЫН ӨТКІЗГЕН ЖЕРЛЕРІНДЕ ӨСЕТІН ҚЫНА ФЛОРАСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Г.С. Айдарханова

Биол. ф. канд. Е.И. Андреев

Ауыл-ш. ф. канд. Б.А. Төлеубаев

Семей полигонының сынау алаңдарының біреуін - Дегеленді лихенологиялық зерттеу мәліметтері берілген. Ионды сәулелерінің деңгейіне, субстратқа, экспозицияға байланысты қыналардың әр түрлі жерлерде өсуінің заңдылығы және қыналардың ценопопуляциясы талданған. Алынған қорытындыларды полигонды антропогендік ластануын зерттейтін экологиялық мониторингісін құруда пайдалануға болады.