

**ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА И СОСТОЯНИЯ  
ЭЛЕМЕНТОВ БИОТЫ В ЗОНЕ ТЕХНОГЕННОГО  
ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ****Семинар № 10**

**С**овременный этап развития технократической цивилизации характеризуется постоянным ростом энерго- и ресурсопотребления, которые, в свою очередь, инициируют опережающее развитие минерально-сырьевого комплекса. Поэтому сегодня, как никогда ранее, актуальны вопросы обеспечения экологической безопасности применяемых геотехнологий [1].

Характер и структура воздействия любых типов горных предприятий на окружающую среду достаточно однотипны и приобретают следующие формы:

- полное уничтожение биоты экосистемы на территориях, отведенных под промышленные объекты, дороги, отвалы пустых пород, хвостохранилища, жилой поселок и другие элементы бытовой инфраструктуры;
- химическое и физическое загрязнение окружающей территории и поверхностных вод за счет выброса пыли, газов и химического изменения твердых отходов в отвалах и хвостохранилишах;
- изменение водного баланса территории за счет нарушения и загрязнения подземных и поверхностных водотоков;
- различные формы нарушения земной поверхности;
- различные типы антропогенной нагрузки (включая частичную вырубку

лесов) на окружающую среду вокруг места концентрированного проживания людей.

Степень экологической опасности этих факторов (а значит и уровень экологической безопасности данного производства) для конкретной экосистемы должна определяться через количественную оценку изменений в биоте экосистем, которая, в свою очередь, может быть получена путем натурных наблюдений за элементами биоты в зоне влияния добывающего предприятия с известными технологическими параметрами, масштабом производства и характером техногенного воздействия (грант РФФИ № 06-05-64338а).

На данном этапе исследований выполнены работы по изучению особенностей изменения состояния фитоценозов в зонах техногенного влияния подземных добывающих предприятий, ведущих разработку месторождений жильного типа с отдельными участками большой мощности: рудники Нежданинский, Центральный, Восток-2 и Кочкинский, а также маломасштабные месторождения «Алданзолото». Как видно из перечисления, эти предприятия расположены в биомах криолитозоны и высокогорной лесотундры, а также в зоне широколиственных лесов Приморья и лесостепной зоне Южного Урала [2].

В методическом плане при проведении исследований были рассмотрены показатели количественных изменений состава и структуры фитоценозов экосистем, а также показатели качества и стабильности их развития в зонах техногенного воздействия добывающих предприятий.

Нежданинское золоторудное месторождение находится на территории Республики Саха (Якутия), в 260 км к востоку от п. Хандыга, являющегося центром Томпонского улуса, и в 800 км от г. Якутска. Экосистема района относится к биотопу среднегорной тундры с кустарниками зарослями из кедрового стланника. Эдификаторная синузия фитоценоза этой системы включает в себя ягель и кедровый стланник. В нижней части склонов и в поймах постоянных водотоков растёт лиственично-моховой и лиственично-тополёвый лес на основе одного вида-эдификатора – даурской лиственницы. За годы интенсивной эксплуатации рудника (годовая добыча достигала 500 тыс. т руды) состояние обоих видов фитоценозов заметно изменилось. В высокогорных участках доля кедрового стланника в проективном покрытии уменьшилась с 35 % до 15 % с повсеместным замещением его трёхъярусными сообществами из лиственных кустарников, кустарничков и мохово-лишайникового надпочвенного покрова. Из кустарников здесь наиболее характерна карпиковая берёза, с примесью карпиковой круглолистной ивы. Кустарничковый ярус представлен в основном голубикой, реже брусничником и морозником. Процессы по своему характеру аналогичны процессам общей « boreализацией» флоры Севера в результате антропогенной трансформации первичных экосистем тундры и лесотундры. В зоне долинных лиственничных

лесов также зафиксировано техногенное нарушение их состояния, которое выразилось в сокращении общей сомкнутости лесостоя почти наполовину.

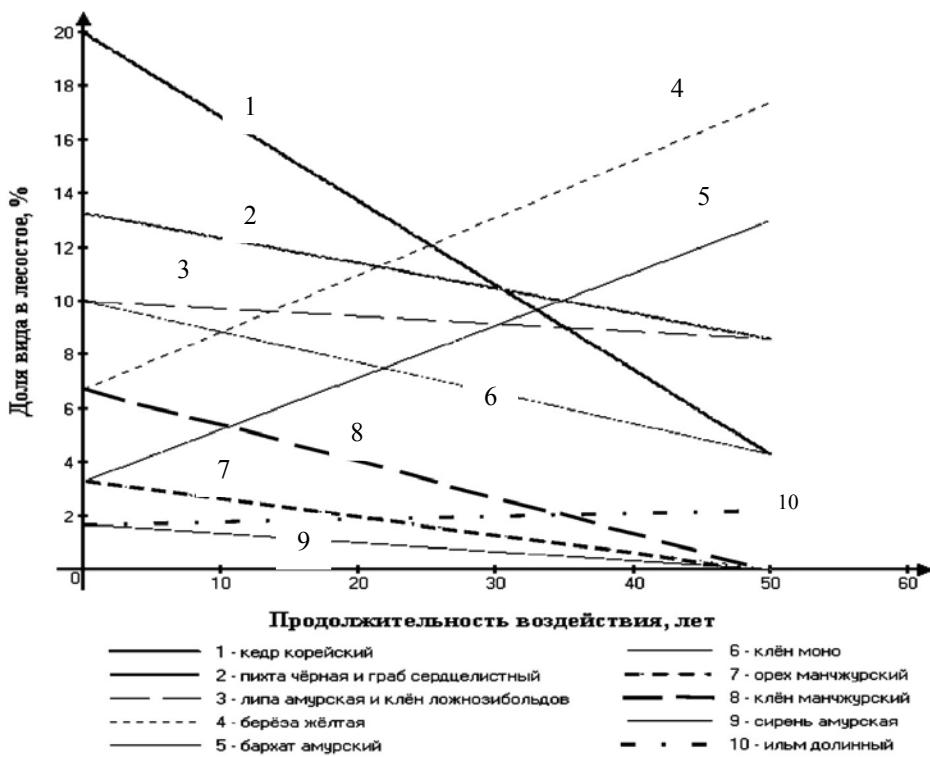
Аналогичные процессы изменения ярусности и структуры растительных сообществ выявлены при изучении техногенного изменения горных кедрово-широколиственных лесов в окрестностях нескольких рудников с разными сроками существования.

Вокруг промышленно-бытовой инфраструктуры каждого рудника сформировалась обширная зона сильного техногенного и антропогенного изменения первичного фитоценоза, которая достаточно четко ограничена по флангам водораздельными линиями горных хребтов. В среднем общая площадь этой территории составляет в каждом случае примерно 15-24 км<sup>2</sup>.

Методика наблюдений за современными фитоценотическими ландшафтами заключалась в маршрутном исследовании нарушенной части биотопа и в описании фитоэкологических профилей, заложенных через изучаемые участки биотопа. Были сделаны геоботанические описания лесной ассоциации и произведен подсчет подроста древесных пород из учетных площадок 2×50 м. Расстояния между профилями колебались от 2,5 до 4 км.

В качестве эталона коренного для данного региона растительного сообщества, развитие которого проходило только под влиянием естественных физико-географических процессов, приняты результаты геоботанических исследований, проведенных здесь до начала строительства горного предприятия [1].

В результате комплексного воздействия антропогенных объектов на всей территории долины сформиро-



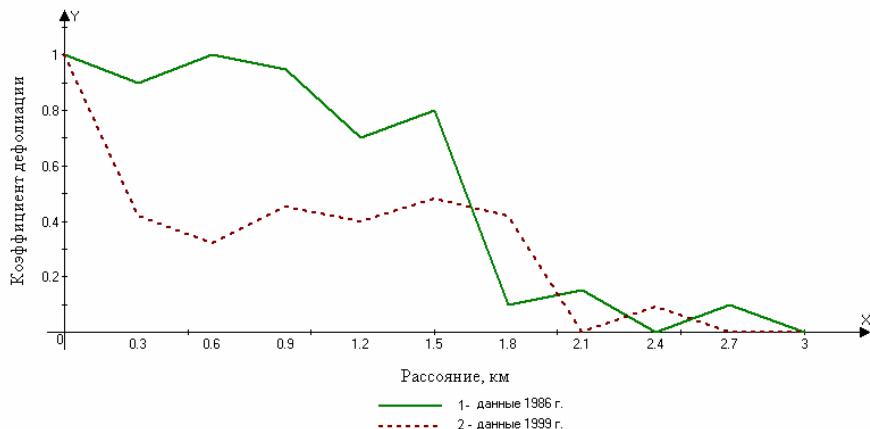
**Рис. 1. Изменение во времени структуры видового состава хвойно-широколиственного леса**

вался совершенно иной (по сравнению с первичным) растительный комплекс. В зоне прирусловой галечной полосы и первой надпойменной террасы на месте тополево-чозениевые насаждений развился лишь ольшаник из ольхи пушистой с небольшой примесью ивы. Высота деревьев 4-5 м. Трёхъярусный хвойно-широколиственный лес был замещен двухъярусным лиственным лесом.

Как показывает анализ структуры видового состава (рис. 1), смена типа леса на изучаемой территории связана не с полномасштабным изменением всего видового состава, а с изменением ценотического статуса различных групп видов за счёт различных темпов изменения плотности популяций каждого из них.

Хвойные виды первого яруса эталонного леса (кривые 1 и 2) полностью утратили статут видов-эдификаторов и сократили своё присутствие до 6-8 % общего древостоя. Этую ценотическую нишу заняли виды-ассектаторы эталонного фитоценоза (кривые 4, 5), что повысило статут части адвентивных видов (кривые 2, 3, 6), в то же время другая часть этой категории видов выпала из состава фитоценоза (кривые 7, 8, 9). В результате этих изменений сомкнутость полога сократилась почти в полтора раза и нишу адвентивных видов заняли такие светолюбивые растения, как вишня Максимовича, осина обыкновенная и клён зелёноокорый.

Кроме прямого изменения видового состава фитоценозов в зонах тех-



**Рис. 2. Изменение удельного показателя дефолиации ( $K_{\text{ДФ}}$ ) на различном удалении от источника техногенных воздействий**

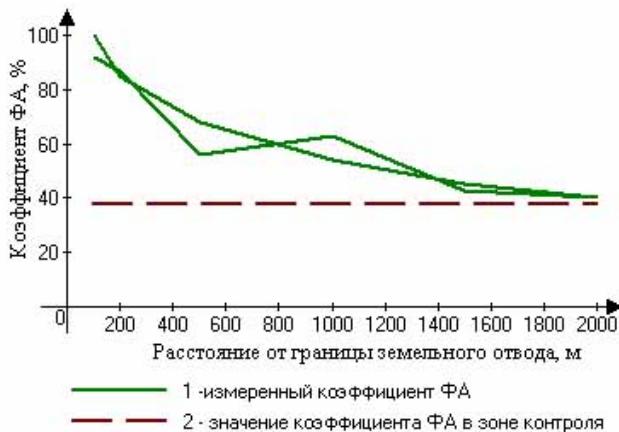
ногенного влияния горных предприятий протекают процессы скрытой деградации лесов, выражющиеся в постепенном развитии локальной дефолиации [3].

Обработка и анализ сканерных космических снимков района размещения железорудного Костомушского ГОКа показали, что в результате долговременного и комплексного техногенного воздействия этого предприятия на тёмнохвойные лесные системы происходит накопление поллютантов как в почве, так и на лиственных пластинках, что, в свою очередь, приводит к дисбалансу в поглощении растениями элементов питания и, как следствие, к потере яркозелёного цвета и интенсивному снижению общей фотосинтезирующей поверхности (опаду листвьев и хвои) [3]. На рис. 2 показано изменение величины линейного коэффициента дефолиации ( $K_{\text{ДФ}}$ ) на различном удалении от горного предприятия, определённое с разрывом в 13 лет (1986 и 1999 гг.). Из рисунка видно, что за указанный период времени средний уровень ве-

личины снижения фотосинтезирующих поверхностей первого яруса леса увеличился примерно в 2-2,2 раза только на расстоянии до 1,5 км. Затем в обоих случаях величина  $K_{\text{ДФ}}$  резко падает и в дальнейшем разница между кривыми практически исчезает. Такой характер изменения величины дефолиации связан, видимо, с тем, что общая техногенная нагрузка, закономерно уменьшаясь по мере удаления от источника воздействия, на расстоянии от него примерно в 1,5 км достигает величины, соответствующей границе диапазона толерантности основных лесообразующих видов, и перестаёт оказывать негативное влияние на них.

Техногенное воздействие добывающих предприятий не только разрушает видовую структуру фитоценозов и порождает скрытую деградацию видов с последующей локальной дефолиацией лесов, но и снижает стабильность развития каждого отдельного вида и фитоценоза в целом.

Для определения степени нарушения стабильности развития фитоценозов был использован метод оценки на



**Рис. 3. Изменение коэффициента флюктуирующей асимметрии ( $K_{FA}$ ) по мере удаления от источника техногенного воздействия (от границы земельного отвода)**

тительная фабрика, отвал пустых пород).

Полученные результаты показывают, что в экосистемах, испытывающих экологическое воздействие, общее

основе экспериментального определения коэффициента флюктуирующей асимметрии ( $K_{FA}$ ) для средообразующих видов экосистемы [4].

Для изучения этого влияния были проведены замкнутые геоботанические профили вокруг источника техногенного воздействия (в нашем случае – земельный отвод рудника) на различном расстоянии от него. В качестве объекта исследования была выбрана берёза жёлтая – как основной вид-эдификатор существующего лесного сообщества. Результаты измерений приведены на рис. 3, из которого хорошо видно, что только на расстоянии около 2000 м от рудника показатель стабильности развития данного вида (кривая 1) приближается к норме (кривая 2).

Совершенно аналогичные результаты были получены авторами работы [4] при изучении техногенного изменения экосистем Алданского нагорья. В результате этих исследований (таблица) было установлено, что показатель стабильности развития изученных видов не только возрастает обратно пропорционально удалению от источника воздействий, но и изменяется в зависимости от вида инфраструктурного объекта (рудник, обога-

направление техногенных смен видового состава противоположно ходу естественной сукцессии. По мере увеличения непериодических нагрузок, экосистема как бы продвигается от климаксного (фонового) состояния к состоянию, аналогичному стадии пионерного сообщества при развитии демутационных сукцессий. Это движение сопровождается снижением общего биологического разнообразия, развитием морфологических изменений видов, падением продуктивности с последующим упрощением

структур биоценозов и нарушением баланса между производственными и деструкционными процессами. Последовательную смену стадий в процессе такой трансформации экосистем можно интерпретировать, как фазы техногенной сукцессии:

- фаза угнетения видов;
- фаза выпадения чувствительных видов;
- фаза структурных перестроек экосистемы;
- фаза разрушения экосистемы.

Подобная структура процесса антропогенной (техногенной) деградации в принципе характерна для любых предприятий, нарушающих со-

**Интегральный показатель флюктуирующей асимметрии (ФА) листа растений в районе среднего Алдана**

Долина рек	Место сбо-ра	Год	Вид	n	M±m
Орто-Сала	Отвалы	1996	Береза плосколистная Ива корзиночная	100 77	0,062 ± 0,003 0,090 ± 0,004
Большой Куранах	Отвалы	1996	Ива корзиночная Дюшекия кустарниковая	100 89	0,070 + 0,003 0,070 ± 0,003
Малый Куранах	Отвалы	1997	Береза плосколистная Ива корзиночная	100 90	0,051 + 0,003 0,091 + 0,003
	Рудник		Береза плосколистная	100	0,070 + 0,003
	ЗИФ		Береза плосколистная	100	0,066 ± 0,004
	Контроль	1997	Береза плосколистная Ива корзиночная Дюшекия кустарниковая	100 100 60	0,046 + 0,003 0,053 + 0,003 0,032 ± 0,002
Селигдар	Контроль	1996	Береза плосколистная Ива корзиночная	100 100	0,051+0,003 0,059 ± 0,003

стояние природной среды, но для горных предприятий, особенно ведущих подземную разработку месторождений, имеется целый ряд особенностей развития этих процессов, как по времени, так и по месту. Главная из этих особенностей заключается в том, что у добывающих предприятий существует два, разъединённых в пространстве техногенных объекта, ока-

зывающих воздействие на биоту природных экосистем – поверхностный комплекс и техногенно изменённые недра. Зоны влияния этих объектов могут быть самостоятельными или частично накладываться друг на друга, а время действия некоторых из свойственных им техногенных факторов намного превышает длительность периода отработки месторождения.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Бурцев Л.И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. – М.: Научтехлитиздат, 2003. – 261 с.
2. Галченко Ю.П. Изменение состояния элементов экосистем при подземной разработке жильных месторождений // Экологические системы и приборы. – 2001. – № 10. – С. 26-31.
3. Калабин Г.В., Галченко Ю.П. Методология количественной оценки нарушен-
- ности территорий по данным сопряженного дистанционного и наземного мониторинга и её апробация // Экологические системы и приборы. – 2007. – № 2. – С. 20-26.
4. Шадрина Е.Г., Вольперт Я.П., Данилов В.А. и др. Биоиндикация воздействия горнодобывающей промышленности на наземные экосистемы Севера. – Новосибирск: Наука, 20003. – 107 с. ГИАБ

**Коротко об авторе**

Галченко Ю.П. – доктор технических наук, ИПКОН РАН.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 10 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. Е.А. Ельчанинов.

