

## Опыт биологической рекультивации техногенных ландшафтов в Норильском промышленном районе

Г. С. ВАРАКСИН, Г. В. КУЗНЕЦОВА, С. Ю. ЕВГРАФОВА, О. А. ШАПЧЕНКОВА

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН  
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28  
E-mail: institute\_forest@ksc.krasn.ru*

### АННОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты биологической рекультивации в разных зонах воздействия промышленных выбросов в окрестностях г. Норильска. Определено содержание тяжелых металлов, исследованы микробоценозы и их активность в рекультивируемых почвах. Выявлены виды древесной растительности, устойчивые к промышленным выбросам в условиях Норильского промышленного района. Показана возможность проведения биологической рекультивации в жестких почвенно-климатических условиях.

**Ключевые слова:** Норильский промышленный комплекс, биологическая рекультивация, устойчивые формы ивы, почвы, тяжелые металлы, микробные комплексы почвы.

При общей площади городов Норильска, Талнаха и Кайеркана, равной 807 га, в Норильском промышленном районе под различные виды отходов занято свыше 6000 га земли. Это шлако-золоотвалы, отстойники металлосодержащего сырья, свалки промышленных и бытовых отходов, хвостохранилища, отвалы грунтов и горных пород и т. д. [Савченко, 1998]. Нарушенные земли образовались в этих условиях также при проведении торфоразработок, геолого-разведочных и изыскательских работах, строительстве линейных сооружений: шоссейных и железных дорог, линий электропередач, нефте- и газопроводов. В особую группу поврежденных земель необходимо отнести деградированные с полностью или частично нарушенным и загрязненным гумусовым горизонтом почв в результате воздействия промышленных выбросов горно-металлургического комбината “Норникель”. Обязательной и перво-

очередной биологической рекультивации на Севере должны подвергаться все нарушенные земли, наносящие вред окружающей среде, т. е. участки, неспособные к самозарастанию древесной и травянистой растительностью вследствие неблагоприятных экологических условий.

Рассматриваемая проблема в районе исследований является мало изученной. Ряд работ [Скрябин, 1979; Поляков, 1987, 1988] посвящен вопросам биологической рекультивации нарушенных участков вдоль трассы газопровода Мессояха – Норильск и техногенных песков. Прошло 20–30 лет после проведенных авторами исследований в этом направлении. За это время значительно увеличилась зона воздействия промышленных выбросов и там, где ранее присутствовала древесная растительность в Норильском промышленном районе, сейчас она на 70–100 % погибла.

В связи с этим возникает настоятельная потребность в разработке технологии биологической рекультивации нарушенных земель для стабилизации и улучшения состояния окружающей природной среды вокруг населенных пунктов Норильского промышленного района при планируемом снижении уровня техногенной нагрузки.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В зависимости от жизненного состояния растительности в окрестностях городов Норильского промышленного района выделены зоны (рис. 1) нарушенности растительного покрова [Вараксин, Кузнецова, 2008]:

Первая зона – очень сильной нарушенности – район р. Ергалах (10 км на юго-восток от г. Норильска). Исследуемая зона в долине р. Ергалах имеет неровный рельеф, встречаются округлые возвышенности и крутые уступы. Вторая зона – сильной нарушенности – район р. Наледная (1 км на юг от пос. Огонер), рельеф сглаженный. Третья зона – умеренной нарушенности – район р. Листвянка (4 км на восток от г. Талнаха). Рельеф неровный, выделяются пойменная и надпойменные террасы. В выделенных зонах подобраны репрезентативные нарушенные участки.

Опытный участок в зоне очень сильной нарушенности растительности (уч. 1) 69°14' с. ш., 88°13' в. д. Представлен старой вырубкой, пройденной низовым пожаром несколько лет назад. На момент закладки культур напочвенный покров состоял из *Calamagrostis neglecta* (Ehrh) Gaerth., et Scherb. расположен на юго-восточном склоне (8–10°).

Опытный участок в зоне сильной нарушенности растительности (уч. 2) 69°20' с. ш., 88°21' в. д. представлен старой вырубкой, пройденной низовым пожаром несколько лет назад. На момент закладки культур напочвенный покров состоял из злаков *Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin и *Calamagrostis neglecta* (Ehrh) Gaerth., et Scherb; хвощей *Equisetum arvense* (L.) и *Equisetum pratense* и кустарничков *V. vitisidaea* L., *V. myrtillus* L., *Empetrum nigrum* L. s. Str. Местоположение участка – юго-западный склон всхолмления, крутизна 3–4°.

Опытный участок в зоне умеренной нарушенности лесов (уч. 3) 69°28' с. ш., 88°28' в. д. представлен старой вырубкой, где ранее произрастал лиственничник мшисто-кустарничковый. На момент закладки культур напочвенный покров состоял из кустарничков *Vaccinium vitisidaea* и *V. myrtillus*, а также мхов *Polytrichum juniperinum*, *P. Commun*, *Pohlia nutans*, *Polytrichastrum alpinum*. Участок расположен на восточном склоне (3°).

На этих участках созданы экспериментальные культуры. Обработка почвы осуществлялась ручным способом. Одним из методов создания опытных рекультивационных культур являлась посадка черенков ив. На полосе шириной 20–30 см лопатой убирался мох, дернина с кустарничками и верхним слоем почвы толщиной 5 см. В подготовленные места высаживались черенки. Посадка осуществлялась рядами с шагом 0,7–1,0 м, расстояние между рядами 1 м. Черенки ив посажены под меч Колесова, вертикально и наклонно к поверхности почвы под углом 45°.

При создании опытных культур использовались черенки следующих видов ив – шерстистой (*Salix lanata* L.), филиколистной (*Salix phyllicifolia* L.), сизой (*Salix glauca* L.), прутовидной (*Salix viminalis* L.), копьевидной (*Salix hastata* L.) и енисейской (*Salix jenisseensis* (Fr. Schmidt) Floder). Место заготовки черенков – склоны разной экспозиции и поймы рек Наледная и Ергалах. В первой и второй зонах при закладке культур использовался посадочный материал из местных, устойчивых к промышленному воздействию форм этих же видов, предварительно выделенных нами, и для сравнения – из зоны умеренной нарушенности растительности [Вараксин и др., 2005].

Для определения приживаемости опытных рекультивационных культур осуществлялся сплошной пересчет посаженных черенков. Приживаемость рассчитывалась согласно ГОСТа 17559-82. При этом определялись основные морфометрические показатели растений – высота, диаметр, количество побегов и длина наибольшего побега на черенках.

На экспериментальных объектах по биологической рекультивации изучены лесорастительный потенциал и микробиологическая активность почв.

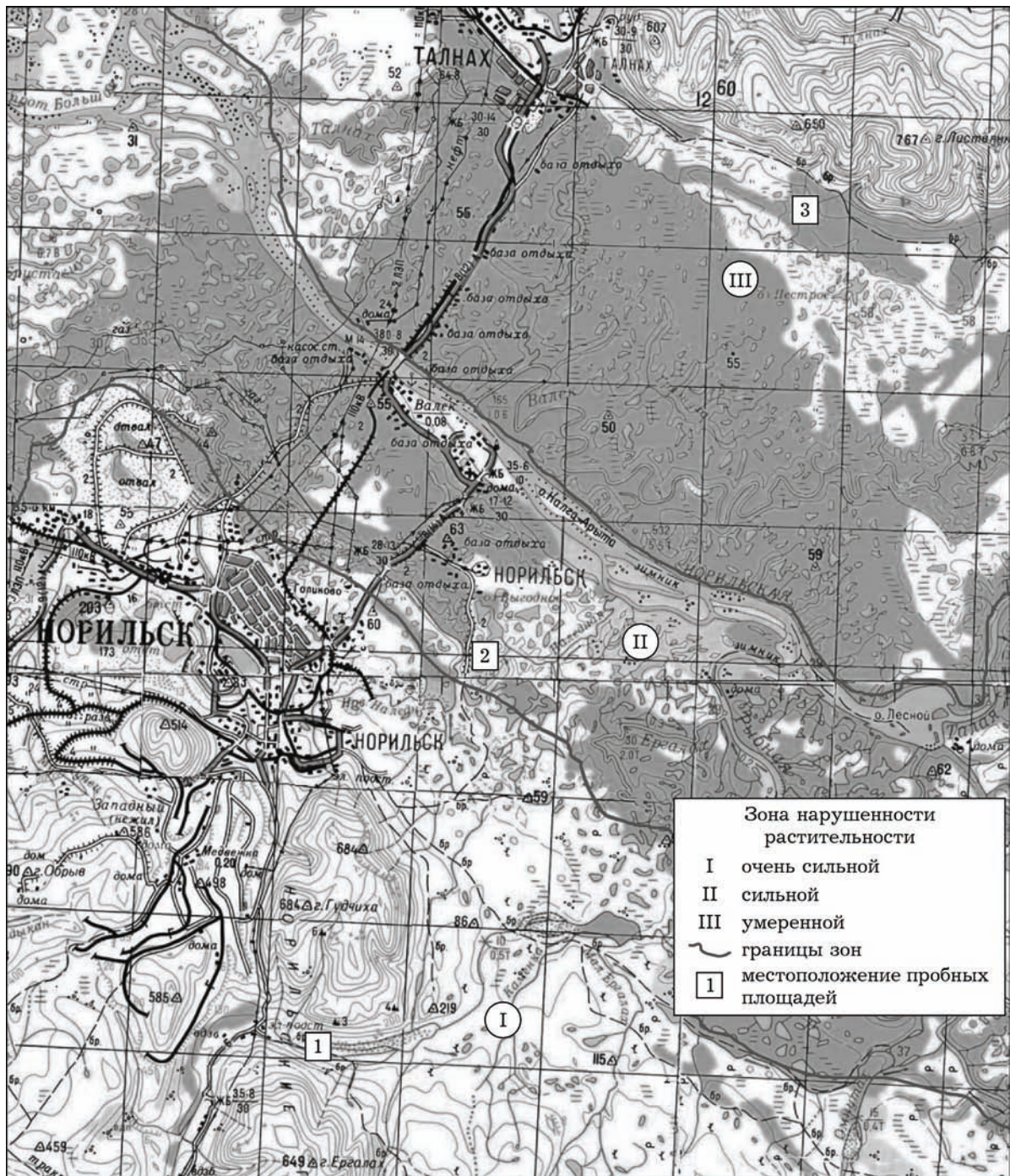


Рис. 1. Зоны техногенной нарушенности лесов в окрестностях городов Норильского промышленного района

Образцы почв отбирались по почвенным горизонтам. Отбор проб для микробиологического анализа проводился из почвенных прикопок стандартным методом [Методы..., 1977]. Структура и функциональная активность различных групп микроорганизмов определялась на плотных питательных средах [Методы...,

1991]. Интенсивность дыхания и биомасса микроорганизмов определялись кинетическими методами с использованием газового хроматографа ЛХМ-80 [Методы..., 1991; Anderson, Domsch, 1985].

Активность микробного населения почв исследуемых точек определялась по соотно-

шению выделенного углекислого газа микробоценозом за единицу времени (базальное дыхание) к количеству бактерий, подсчитанных методом прямого счета (флуоресцентная микроскопия, краситель DAPI). Как показатель адаптационной способности использовался процент бактерий, культивирующихся на плотных питательных средах, к бактериям, подсчитанным методом прямого счета. Потенциальная способность микробиологической активности почв рассматривались по удельному дыхательному коэффициенту ( $qCO_2$ ) и субстрат-индуцированному дыханию микробных популяций. За “норму-меру” принимались показатели, выявленные для почв фоновых точек.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Почвенный покров экспериментальных участков представлен на опытных участках 1 и 3 подбурами, на уч. 2 – криоземами. Гранулометрический состав почв изменялся от супесчаного (уч. 1) и легкосуглинистого (уч. 3) до тяжелосуглинистого (уч. 2). Варьирование гранулометрического состава определяло различия в водных, воздушных и тепловых свойствах почв. Супесчаные почвы обладали хорошей водопроницаемостью и относительно благоприятным воздушным режимом, быстрее прогревались в весенний период по сравнению с суглинистыми почвами. За летний период подбуры оттаивали на глубину 80–104 см, криоземы – 75 см. Для почв суглинистого гранулометрического состава (экспериментальные участки в окрестностях пос. Огонера и г. Талнаха) характерными являлись процессы криогенной турбации, в частности пучение почв.

Содержание в почвах доступно для растений аммонийного азота зависело как от состава органического вещества, так и от гидротермических условий, которые определяют интенсивность аммонификации. В профиле почв распределение обменного аммония тесно связывалось с содержанием органического вещества: концентрация  $N-NH_4$  была выше в органоминеральных горизонтах и заметно снижалась при переходе к минеральной части. Лучше обеспечивались доступным азотом верхние горизонты почв на уч. 3

(74,0 мг  $N-NH_4$ /кг), несколько хуже на уч. 2 (61 мг  $N-NH_4$ /кг), и в меньшей степени – на уч. 1 (47,0 мг  $N-NH_4$ /кг). Поступление на поверхность почвы остатков травянистой растительности, которые наиболее легко подвергаются разложению, положительно сказывалось на накоплении аммонийного азота в органоминеральном горизонте почвы на уч. 1.

Источником элементов (Ni, Cu, Co, Pb, S) в почвах являлись почвообразующие породы, а перераспределение элементов в профиле почв происходило в результате процессов почвообразования. Техногенные выбросы промышленных предприятий вели к увеличению пула тяжелых металлов и серы в почвах. Поступающие тяжелые металлы и сера преимущественно аккумулировались в верхних органоминеральных горизонтах почв. При переходе к минеральной части почв содержание элементов, как правило, заметно снижалось. В табл. 1 приведено внутрипрофильное распределение тяжелых металлов и серы на экспериментальных участках. На уч. 1 аккумулятивный характер распределения тяжелых металлов и серы в пределах почвенного профиля обусловлен накоплением органического вещества, которое депонирует поступающие техногенные элементы. Поверхностные горизонты почв выполняют роль механических, органических и органоминеральных сорбционных и хемосорбционных геохимических барьеров для техногенных выпадений [Глазовская, 1988]. Исключение составляет кобальт, содержание которого по профилю почв на всех экспериментальных участках имеет либо равномерный характер распределения, либо несколько увеличивается с глубиной. Вероятно, это связано как с меньшим количественным поступлением кобальта, так и с влиянием почвообразующей породы.

В пределах минеральной части профиля почв техногенные элементы распределялись по-разному. На уч. 3 содержание тяжелых металлов и серы в минеральной толще изменялось незначительно. На уч. 2 наблюдалось накопление Ni, Cu, Co, Pb и S в иллювиальном горизонте на глубине 30–60 см. На уч. 1 выражено варьирование содержания элементов в нижней части профиля, что обусловлено неоднородностью подстилающих пород.

Содержание тяжелых металлов и серы в почвах экспериментальных участков, мг/кг почвы

Глубина, см	Ni	Cu	Co	Pb	S
Зона очень сильной нарушенности растительности (уч. 1)					
0-4	389,55	656,34	29,59	12,21	760,00
4-9	221,41	173,50	31,57	5,72	500,00
9-14	194,16	202,97	32,64	5,19	510,00
14-24	191,16	221,48	31,78	6,29	440,00
24-34	197,55	226,21	32,16	6,40	509,30
34-44	184,54	155,00	30,19	6,54	189,70
54-64	218,05	235,88	34,55	6,16	127,70
64-69	189,85	261,53	28,06	6,06	569,20
69-89	152,94	168,43	27,83	3,64	445,50
89-104	175,85	179,90	25,92	2,99	377,20
Зона сильной нарушенности растительности (уч. 2)					
0-5	117,62	1675,75	6,58	1,38	1650,00
5-10	101,24	338,57	15,60	1,17	830,00
10-20	71,15	60,64	14,88	0,39	380,00
20-30	44,70	69,61	18,42	0,77	190,00
30-40	84,27	123,75	35,54	3,25	948,20
40-60	89,87	125,98	36,03	3,09	377,9
60-75	64,35	83,77	26,07	1,91	447,1
Зона умеренной нарушенности лесов (уч. 3)					
0-5	57,30	70,78	9,66	3,05	820,00
5-10	33,53	29,05	13,09	0,84	440,00
10-20	34,23	31,64	14,17	0,86	500,00
20-30	51,87	43,35	20,39	1,69	508,9
30-40	57,41	61,38	21,97	1,88	503,9
40-50	57,29	72,12	22,05	1,86	504,90
50-60	55,35	74,45	23,40	1,53	448,00
60-80	55,52	70,09	23,95	1,90	255,5

Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов и серы показал, что почвы на уч. 1 характеризовались наибольшим содержанием Ni, Co, Pb, на уч. 2 – Cu и S. Более высокое накопление меди и серы в органоминеральном горизонте почвы на уч. 2, вероятно, связано с высоким содержанием органического вещества, с которым эти элементы образуют более прочные комплексы, чем другие. Наименьшее содержание Ni и Cu отмечено в почвах на уч. 3, который удален от источника эмиссии.

Сравнение содержания тяжелых металлов и серы в органоминеральном горизонте почв с кларковым содержанием этих элементов в почвах по А. П. Виноградову [1957] показало

превышение содержания меди – в 32,8 раза, никеля – в 9,7, кобальта – в 3,7, свинца – 1,2 раза на участке № 1. В почвах уч. 2 содержание Cu выше в 83,8 раза, Ni – в 2,9, S – в 1,9 раза. Превышение кларков элементов в почвах уч. 3 отмечено для Cu – в 3,5, Ni – в 1,4 и Co – в 1,2 раза.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что почвы экспериментальных участков характеризуются средней и высокой степенью обеспеченности гумусом, кислой реакцией среды почвенного раствора, высокой гидролитической кислотностью, низкой степенью насыщенности обменными основаниями, присутствием обменного алюминия в ППК. Высокое содержание тяжелых метал-

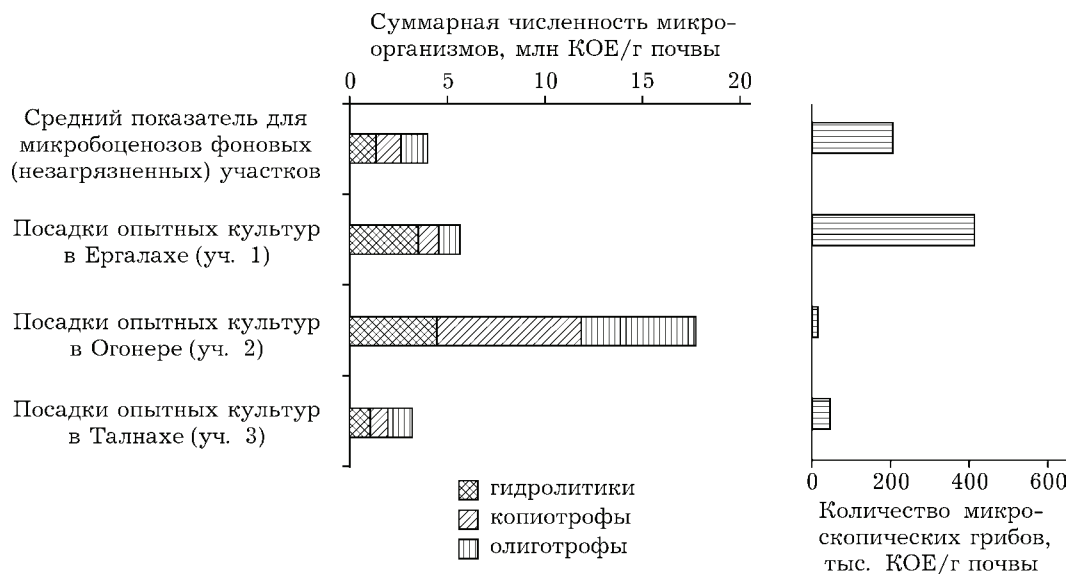


Рис. 2. Суммарная численность микроорганизмов и количество микроскопических грибов в почвах исследуемых участков

лов и серы отмечено в почвах участков 1 и 2. Более низкое содержание техногенных элементов наблюдается в почвах на уч. 3.

Оценка состава микробоценозов почв окрестностей г. Талнаха, р. Ергалах и пос. Огонера (рис. 2) показала существенные различия в количественном и качественном составе микробных популяций, которые связывались, в первую очередь, с содержанием органического вещества в почвах и не показывали зависимости от содержания в почвах тяжелых металлов. Почвы в зоне очень сильной нарушенности растительности (уч. 1) были богаты микроскопическими грибами и актиномицетами, с преобладанием в микробном сообществе гидролитической группировки, что указывало на наличие в экосистеме легкодоступного органического вещества. В почвах зоны сильной нарушенности растительности (уч. 2) микробоценоз был сбалансирован по составу гидролитики/копитотрофы/олиготрофы и численно значительно превышал оба других исследуемых микробоценоза, что, вероятно, связано с высоким содержанием здесь органического вещества. Почвы в зоне умеренной нарушенности растительности (уч. 3) имели также сбалансированный по составу физиологических групп микробоценоз, а по численности приближались к микробным популяциям фоновых участков, которые вследствие близкого залегания вечной мерзлоты и низкой плодородности почв

имели суммарную численность в пределах 2–5 млн КОЕ/г<sup>-1</sup> почвы.

Содержание в исследуемых почвах тяжелых металлов практически не влияло на суммарную численность микроорганизмов. Подобные данные приведены авторами исследований, проводимых в аналогичных зонах промышленного загрязнения [Евдокимова, 1995; Загуральская, Зябченко, 1994; Колесников и др., 2002]. По данным наших исследований, на количество бактерий в почвах негативно влияло только содержание меди, влияние остальных металлов являлось незначительным. Однако присутствие тяжелых металлов и серы негативно сказывалось на активности микробного сообщества. Нами показано, что тяжелые металлы ингибировали базальное дыхание микрофлоры, на что указывала отрицательная зависимость между удельным дыхательным коэффициентом  $qCO_2$  и содержанием тяжелых металлов в почве.

Для микробоценозов ненарушенных экосистем характерно наличие большого пула микроорганизмов, часть которого функционирует в существующих экологических условиях. Принимая микробоценозы фоновых точек за “норму-меру” функционирования микробных популяций в северных почвах, мы имеем возможность сравнивать их с микробоценозами почв, подверженных нарушающему воздействию поллютантов.

Нами выявлена низкая интенсивность базального дыхания при высоких значениях удельного дыхательного коэффициента  $q\text{CO}_2$  для всех почвенных микробценозов нарушенных участков. Адаптация почвенных микробценозов, вероятно, идет за счет истощения резервов микробного пула, о чем свидетельствуют низкие соотношения численности бактерий, подсчитанных прямым счетом, к бактериям, выявленным на плотных питательных средах.

Таким образом, установлено, что микробценозы почв в разных зонах нарушенности, где созданы опытные культуры, среднеактивны по сравнению с фоновыми участками, и обладают высокой адаптационной способностью. Равновесие в составе физиологических групп микроорганизмов почв, подверженных нарушающему воздействию поллютантов, сдвинуто в сторону преобладания олиготрофных групп. Приближение к источнику загрязнения негативно сказывается на активности микробного сообщества почвы, но не влияет на суммарную численность микроорганизмов.

Особенности состояния рекультивационных культур показаны по выделенным нами зонам нарушенности растительности.

Зона умеренной нарушенности растительности. После трехлетнего периода роста приживаемость культур ивы шерстистой, сизой и филиколистной, созданных черенками, заготовленными в пойме рек окрестностей г. Талнаха высокая (соответственно 77 %, 75 и 77 %). Культуры ив, созданные черенками, заготовленными на склонах окрестностей г. Талнаха (ивы енисейская, шерстистая и филиколистная), только после первого года роста имели высокую приживаемость (до 90 %). На третий год приживаемость их снизилась до 51, 42 и 62 % соответственно. Это свидетельствует о том, что в зоне умеренной нарушенности растительности при создании культур этих видов заготовку черенков необходимо производить на кустах, произрастающих в пойме рек.

Анализ данных по росту трехлетних культур, созданных черенками в августе (табл. 2), показывает, что наибольшее количество веточек с максимальной длиной

Т а б л и ц а 2

Характеристика морфометрических показателей опытных рекультивационных культур, созданных черенками на экспериментальных участках

Вид ив	Количество веточек на черенковом саженце, шт.			Длина побега, см		
	среднее	max	min	среднее	max	min
Зона очень сильной нарушенности растительности (уч. 1)						
<i>S. viminalis</i>	1,80 ± 0,15	5	1	6,3 ± 0,47	12,5	2,0
<i>S. jensiseensis</i>	1,80 ± 0,25	4	1	5,6 ± 0,50	9,0	2,5
<i>S. glauca</i>	1,80 ± 0,18	4	1	5,6 ± 0,46	11,0	2,0
<i>S. hastata</i>	2,40 ± 0,22	6	1	8,1 ± 0,49	13,0	3,0
<i>S. lanata</i>	2,20 ± 0,15	3	1	6,1 ± 0,46	11,0	2,0
Зона сильной нарушенности растительности (уч. 2)						
<i>S. glauca</i>	1,80 ± 0,22	3	1	2,30 ± 0,35	5,0	1,0
<i>S. lanata</i>	2,20 ± 0,3	4	1	2,30 ± 0,26	5,0	0,5
<i>S. hastata</i>	1,60 ± 0,13	2	1	3,10 ± 0,45	7,0	0,5
<i>S. phyllicifolia</i>	1,50 ± 0,19	3	1	2,50 ± 0,27	5,0	1,5
<i>S. viminalis</i>	1,70 ± 0,26	3	1	4,70 ± 0,86	11,5	0,5
<i>S. jensiseensis</i>	1,50 ± 0,5	3	1	3,30 ± 2,03	9,0	0,3
Зона умеренной нарушенности лесов (уч. 3)						
<i>S. viminalis</i>	1,90 ± 0,20	3	1	4,20 ± 0,46	8,1	1,7
<i>S. lanata</i>	1,20 ± 0,22	3	1	2,30 ± 0,58	5,8	0,5
<i>S. glauca</i>	2,00 ± 0,16	4	1	2,50 ± 0,27	6,2	0,5

имеют ивы филиколистная, шерстистая и прутовидная, посадочный материал которых заготавливался в поймах рек окрестностей г. Талнаха. Наименьшие показатели роста имеет ива филиколистная, посадочный материал которой заготовлен на склоне окрестностей г. Талнаха. Установлено, что основной причиной гибели черенковых саженцев в зоне умеренной нарушенности растительности на среднесуглинистых почвах является выжимание их в результате вспучивания почвы в весенний период из-за близкого залегания к поверхности почвы вечной мерзлоты.

Зона сильной нарушенности растительности. В трехлетних ивовых культурах в этих условиях наибольшую приживаемость в посадках имеют саженцы, созданные черенками, заготовленными в окрестностях пос. Огонер. Это ива копьевидная с приживаемостью 43 %, ивы енисейская и шерстистая – с приживаемостью 36 %. Культуры ив енисейской и копьевидной, созданные из черенков, заготовленных с кустов, устойчивых к воздействиям поллютантов, имеют хорошие показатели по приживаемости и росту (см. табл. 2). Анализ роста культур трехлетнего возраста свидетельствуют о том, что наибольшие показатели по количеству образовавшихся побегов, их длине и приростам имеют ивы копьевидная и енисейская.

Зона очень сильной нарушенности. В трехлетних ивовых культурах в этой зоне наибольшую приживаемость в посадках имеют ивы, созданные черенками, заготовленными в пойме р. Ергалах. Это ивы шерстистая (приживаемость 86 %) и копьевидная (80 %). Приживаемость в культурах ив, черенки которых заготавливались в окрестностях г. Талнаха, значительно ниже.

Установлено, что в зоне очень сильной нарушенности растительности культуры ивы копьевидной и шерстистой, созданные черенками, заготовленными с устойчивых к промышленным воздействиям кустов в пойме р. Ергалах, имеют хорошее состояние (см. табл. 2).

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, анализ состояния трехлетних рекультивационных культур позволяет

сделать вывод о возможности проведения биологической рекультивации в жестких почвенно-климатических условиях Норильского промышленного района. Подтверждением этого являются, прежде всего, высокая приживаемость и хороший рост отобранных устойчивых форм видов ив в разных зонах нарушенности растительности, а также полученные результаты по почвенным и микробиологическим исследованиям.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 13-04-01671.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

- Вараксин Г. С., Кузнецова Г. В. Оценка растительного покрова в зонах техногенного воздействия окрестностей Норильска // Сиб. экол. журн. 2008. № 4. С. 655–659.
- Вараксин Г. С., Кузнецова Г. В., Антоненко С. Н. Использование видов ив при биологической рекультивации в условиях крайнего Севера // Лесная таксация и лесоустройство. 2005. № 2(35). С. 133–139.
- Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 237 с.
- Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высш. шк., 1988. 328 с.
- Евдокимова Г. А. Эколого-микробиологические основы охраны почв Крайнего Севера. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1995. 272 с.
- Загуральская Л. М., Зябченко С. С. Воздействие промышленных загрязнений на микробиологические процессы в почвах бореальных лесов района Костамукши // Почвоведение. 1994. № 5. С. 105–110.
- Колесников С. И., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф. Экологические функции почв и влияние на них загрязнения тяжелыми металлами // Там же. 2002. № 12. С. 1509–1514.
- Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 303 с.
- Методы стационарного изучения почв. М.: Наука, 1977. 295 с.
- Поляков А. А. Биологическая рекультивация земель по трассе газопроводов Мессояха – Норильск: Мет. Рекомендации / ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. НИИСХ Крайнего Севера. Новосибирск, 1988. 12 с.
- Поляков А. А. Рекультивация техногенных песков Норильского промышленного района // Биологические ресурсы Крайнего Севера, их рациональное использование и охрана. Новосибирск: НТБ, 1987. Вып. 5. С. 53–59.
- Савченко В. А. Экологические проблемы Таймыра. М.: Изд-во СИП РИА, 1998. 193 с.
- Скрябин З. С. Техногенные ландшафты Севера и их рекультивация. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. С. 51–61.



Anderson T. H., Domsch K. H. Maintenance requirements  
of actively metabolizing microbial populations under

in situ conditions // Soil Biol. Biochem. 1985. Vol. 17.  
N. 2. P. 197–203

## **Biological Recultivation of Technogenic Landscapes in Norilsk Industrial Region**

G. S. VARAKSIN, G. V. KUZNETSOVA, S. Yu. EVGRAFOVA, O. A. SHAPCHENKOVA

*V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS  
660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50/28  
E-mail: var@ksc.krasn.ru*

The results of biological recultivation in different areas affected by industrial emissions around Norilsk were presented. The content of heavy metals in recultivated soils, as well as microbiota's activity were studied. Plant species resistant to industrial emissions in the Norilsk industrial region were identified.

**Key words:** Norilsk industrial complex, biological recultivation, resistant forms of *Salix*, soil, heavy metals, soil microbiota.

