



УДК 631.618

Проблемы рекультивации техногенных экосистем Красноярского края

В. А. Андроханов, В. Г. Двуреченский

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск
E-mail: dvu-vadim@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются проблемы создания искусственных почв – технозёмов на поверхности отвалов, образованных в результате добычи угля. В ходе проведённых исследований установлено, что в процессе создания технозёмов путём отсыпки предварительно снятого плодородного слоя почвы (ПСП) происходит деградация агрофизических и агрохимических свойств ПСП. Для эффективного восстановления рекультивированных земель необходимо проведение мелиоративного этапа освоения технозёмов, в ходе которого должны выполняться агротехнические мероприятия, направленные на восстановление благоприятных показателей агрофизического и гумусового состояния в насыпном слое. Только после проведения мелиоративного этапа рекультивированные участки могут эффективно использоваться в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: техногенные ландшафты, эмбриозёмы, плодородный слой почвы, технозёмы, рекультивация, физико-химические свойства, гумус, плотность почвы, мелиоративный этап рекультивации.

Введение

Вопросы рекультивации нарушенных в ходе промышленных воздействий территорий и введение их в сельскохозяйственный оборот являются составной частью экологических проблем тех регионов, в которых добываются и перерабатываются полезные ископаемые.

Новые технологии добычи и переработки полезных ископаемых применяются с целью получения немедленной экономической выгоды. Технические средства совершенствуются, интенсивность добычи полезных ископаемых постоянно увеличивается, в результате чего возрастает загрязнение воздуха и воды, образуются свалки промышленных отходов, формируются техногенные ландшафты.

Рекультивация и последующая передача восстановленных территорий предприятиям лесного или сельского хозяйства, как правило, проводятся, данные этапы планируются и контролируются. Тем не менее, рекультивированные земли обычно не вводятся в производство, деградируют, другими словами, забрасываются. Как показывают наблюдения ведущих центров по исследованию техногенно нарушенных территорий [6; 8; 9], масштабы сопровождающих добычу и переработку полезных ископаемых деградации почв, нарушений естественных ландшафтов, вывода из оборота лесных и сельскохозяйственных угодий постоянно возрастают.

Одним из таких регионов является Красноярский край и особенно территория Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса (КАТЭК). Общая площадь нарушенных земель на КАТЭКе составляет более 40 тыс. га [1]. Около 80 % этой территории ранее было занято сельскохозяйственными угодьями, поэтому основным направлением рекультивации в данных районах длительное время выбиралось сельскохозяйственное. Наиболее распространённой технологией сельскохозяйственной рекультивации является нанесение предварительно снятого плодородного слоя почвы (ПСП) на спланированную поверхность отвалов. Созданные по такой технологии почвы согласно Классификации почв России 2004 г. [4] принято относить к группе квазизёмов, подгруппе реплантозёмов. Однако в данной статье мы будем придерживаться классификации, разработанной в лаборатории рекультивации почв Института почвоведения и агрохимии СО РАН [5]. Данная классификация предполагает все искусственно созданные почвоподобные образования относить к отделу технозёмов, тип определять по технологии образования, а подтип – согласно использованному для создания корнеобитаемого слоя материалу. Поэтому технозёмы, созданные путём отсыпки ПСП, мы будем называть далее технозёмами дифференцированными гумусогенными.

Как показывают многочисленные исследования [1; 6; 7], при выполнении рекультиваци-

онных работ сельскохозяйственного направления возникают многочисленные проблемы. Основные из них связаны со снятием, сохранением и нанесением плодородного слоя почвы на поверхность спланированных отвалов. В результате чего технозёмы, сформированные нанесением ПСП на субстрат отвала, несмотря на некоторое подобие естественным почвам, значительно отличаются по свойствам и режимам функционирования от почв, распространённых на прилегающих ненарушенных участках.

Целью работы является исследование свойств технозёмов, созданных путём отсыпки

ПСП на отвалах Назаровского и Берёзовского угольных разрезов и выявление специфики их функционирования с целью разработки агротехнических мероприятий, позволяющих более эффективно использовать рекультивированные земли.

Материалы и методы

Объектами исследования являются технозёмы – почвы техногенных ландшафтов Назаровского и Берёзовского бурогольных разрезов (Красноярский край) и склады ПСП, расположенные на их территории (рис.).

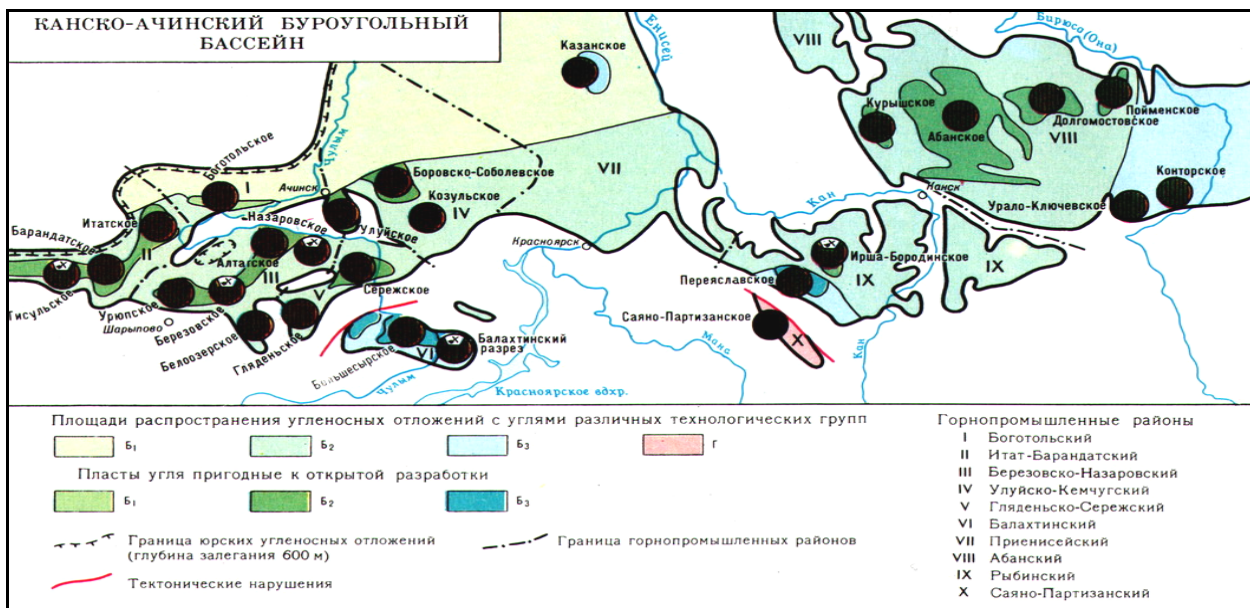


Рис. Карта-схема района исследований

За годы разработки угольных месторождений только на Назаровском разрезе нарушены более 5 тыс. га сельскохозяйственных и лесных угодий, из них рекультивированы свыше 2,5 тыс. га, под сельскохозяйственные угодья около 700 га, из которых около 500 га представлены технозёмами гумусогенными. На всех участках сформировался травянистый покров, состоящий в основном из сеяных трав.

На рекультивированных участках с технозёмами, находящимися на мелиоративном этапе освоения, проведены анализы основных агрохимических и агрофизических свойств технозёмов и материала ПСП, длительно хранящегося в бурте. Исследования проводились общепринятыми методами, которые позволяют получить основные почвенные характеристики технозёмов и оценить их качество. Показатель рН определялся потенциометрическим методом, содержание углерода и гумуса – методом

Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой и др. [2; 3].

Результаты и обсуждение

Согласно принятой технологии рекультивации на угольных разрезах Красноярского края предусматривается снятие и сохранение ПСП в буртах, с последующим использованием для рекультивации техногенно нарушенных участков. При этом срок хранения ПСП в большинстве превышает 10 лет. При столь длительном хранении, особенно в больших по объёму буртах, происходит значительная деградация исходных свойств ПСП, обусловленная в основном высокой плотностью внутри бурта.

В настоящее время на Назаровском и Берёзовском разрезах имеются несколько складов ПСП, возраст которых составляет более 10 лет. На поверхности нескольких из них проведена планировка, и данные участки используются под пашню или сенокосные угодья. Однако

макро- и мезорельеф большинства буртов не позволяют использовать их в сельском хозяйстве, хотя на их поверхности образовался растительный покров, представляющий собой смесь разнотравно-злаковых видов. Таким образом, при длительном хранении ПСП в буртах предполагается дифференциация снятого материала, в зависимости от высоты бурта, на слои, находящиеся на поверхности и расположенные внутри, что подтверждается исследованиями агрофизических и агрохимических свойств почвы одного из них (табл. 1). Возраст бурта составляет 12 лет, высота более 5 м.

В процессе формирования бурта тяжёлая техника сильно уплотняет всю массу снятого ПСП: плотность сложения достигает $1,7 \text{ г/см}^3$. В результате развития растительности и действия климатических факторов поверхностные (до 30–50 см) слои ПСП постепенно разуплотняются, а при длительном хранении происходит восстановление структурного состояния и основных агрохимических показателей до уровня чернозёмных почв, с которых был снят ПСП.

Таблица 1

Усреднённые агрофизические и агрохимические свойства хранящегося в буртах плодородного слоя почвы (ПСП), снятого с поверхности технологических площадок (на примере Назаровского угольного разреза)

Глубина, м	Агрофизические свойства			Агрохимические свойства			
	Плотность, г/см^3	Плотность сложения, г/см^3	Коэффициент структурности	pH	C, %	N, %	C:N
0–0,2	2,63	1,06	2,50	6,50	6,20	0,56	10,10
2,5–3,0	2,67	1,68	0,30	7,10	4,80	0,38	12,70

Во внутренней части бурта во время всего срока хранения отмечается очень высокая плотность, в связи с чем там создаются практически анаэробные условия. Влага и корни не проникают в глубокие слои бурта. Исходная комковато-зернистая структура превращается в глыбистую, что значительно понижает коэффициент структурности. Отсутствие поступления свежего органического вещества и анаэробные условия во внутренней части бурта в период хранения могут снизить содержание общего углерода и гумуса на 1–1,5 %. Общие потери гумуса на этапах снятия и хранения ПСП могут достигать 2–3 %. При этом происходит структурная трансформация системы гумусовых веществ. В результате того, что азотные соединения в основном находятся в периферической части гумусовых веществ, потеря азота возрастает, что приводит к некоторому расширению соотношения C:N.

Таким образом, снятие и длительное хранение в буртах приводит к очевидной деградации агрофизических и агрохимических свойств ПСП. Поэтому сформированные сразу после отсыпки технозёмы не могут соответствовать уровню плодородия естественных ненарушенных почв. Для восстановления уровня плодородия на рекультивированных участках необходимо проведение мелиоративного этапа освоения технозёмов, в ходе которого должны выполняться агротехнические мероприятия, направленные в основном на реабилитацию ПСП.

На Назаровском угольном разрезе, как и на многих горнодобывающих предприятиях, практикуется неселективное отвалообразование, что приводит к хаотическому размещению вскрышных (покровные суглинки и глины) и вмещающих (песчаники, аргиллиты, алевролиты) пород в отвалах. После окончания формирования отвала проводилась планировка поверхности, и отсыпался ПСП мощностью от 30 до 80 см. Таким образом, профиль большинства созданных технозёмов состоит из двух горизонтов, резко отличающихся по морфологическим признакам, что видно из описания характерного разреза.

Разрез 23. Технозём гумусогенный (3 года), мощность ПСП 40 см. Посев костра и люцерны.

0–2 см. Дернина фрагментами. Серый, буроватый от разложения опада, рыхлый, структура порошистая. Переход чёткий по плотности и структуре.

2–23 см. Тёмно-серый, с бурыми включениями горизонта В, тяжёлый суглинок ореховато-комковатой структуры. Обилие корней. Переход резкий по плотности, структуре и количеству корней.

23–40 см. Тёмно-серый, с бурыми включениями горизонта В, тяжёлый суглинок, комковато-глыбистой структуры, при разрушении распадается на крупные обломки, очень прочные. Плотный, ходы корней по трещинам. Переход чёткий по всем морфологическим признакам.

40–56 см. Материал вскрышных пород. Светло-бурый, неоднородный, с белесыми и охристыми пятнами, сухой плотный бесструктурный лёгкий суглинок. Редкие корни люцерны. Включения угля. Переход резкий по плотности и окраске.

Многokратная планировка поверхности отвалов и ПСП приводит к сильному уплотнению всего профиля технозёмов. Плотность сложения насыпного горизонта достигает $1,5 \text{ г/см}^3$, плотность подстилающих пород – $1,8 \text{ г/см}^3$. Введение технозёмов в сельскохозяйственный оборот способствует ускорению процессов разуплотнения в материале ПСП. При правильной агротехнике и посеве многолетних трав на третий год использования показатели плотности и порозности приближаются к характерным для фоновой почвы. Однако это относится только к пахотному слою. В нижележащих слоях плотность сложения и порозность остаются практически без изменения. В дальнейшем при длительном мелиоративном воздействии многолетних трав изменение физического состояния технозёмов охватывает весь корне-

обитаемый слой, а плотность и порозность насыпного слоя стремятся к равновесному состоянию, соответствующему данному виду биоценоза. Однако плотность подстилающих пород мало изменяется и характеризуется как сильно уплотнённая.

Поскольку в процессе создания технозёмов происходит общее снижение содержания органического вещества, количество гумуса в насыпном слое технозёмов на начальных этапах мелиоративного освоения оказывается ниже, чем в фоновом чернозёме выщелоченном (табл. 2). Однако после посева многолетних трав общее количество органического вещества восстанавливается за 2–4 года. При этом необходимо отметить, что потерянный гумус не может восстановиться достаточно быстро целиком. Накапливаются предгумусовые вещества, слабо разложившиеся растительные остатки, которые содержат большое количество азота. Поэтому в первые годы освоения технозёмов соотношение С:N заметно снижается и может составлять в верхних слоях ПСП 9 единиц.

Таблица 2

Агрохимические свойства разновозрастных технозёмов и зональной почвы
(на примере Назаровского угольного разреза)

Глубина, см	С общий, %	Гумус, %	Н валовой, %	С:N	NO ₃ , мг/100 г	NH ₄ , мг/100 г
Технозём, 1 год						
0–10	4,50	7,75	0,37	12,30	5,07	–
10–30	4,18	7,20	0,31	13,40	4,58	4,11
30–40	4,05	6,98	0,32	12,60	4,69	4,59
40–50	0,35	0,60	0,08	4,20	0,42	1,25
50–80	0,21	0,36	0,06	3,40	0,11	0,79
Технозём, 2 года						
0–10	5,10	8,79	0,57	8,90	2,44	5,54
20–30	4,58	7,89	0,43	10,70	2,26	4,08
30–40	4,87	8,39	0,40	12,10	3,86	3,74
40–50	0,18	0,31	0,03	6,00	0,67	0,90
60–80	0,10	0,17	0,02	4,30	0,42	1,00
Технозём, 12 лет						
0–10	5,40	9,30	0,52	10,50	2,12	6,74
20–30	4,66	8,03	0,39	11,90	2,49	5,14
30–50	0,89	1,53	0,13	6,80	0,70	2,32
40–50	0,21	0,36	0,05	4,10	0,37	2,07
50–80	0,32	0,55	0,02	13,30	0,15	0,94
Чернозём выщелоченный						
0–10	6,28	10,82	0,59	9,70	2,40	7,54
20–30	6,54	11,27	0,54	8,40	2,31	6,05
30–40	6,12	10,55	0,49	5,30	1,45	4,11
40–50	6,86	11,82	0,22	3,50	0,64	2,56
60–80	7,37	12,70	0,11	2,90	0,48	1,46

Как показали проведённые исследования, свойства и режимы созданных технозёмов на начальных этапах освоения значительно отличаются от естественных, ненарушенных почв, которыми являются чернозёмы выщелоченные. Поэтому немедленное введение рекультивированных участков в интенсивный сельскохозяйственный оборот не даёт заметного эффекта и ведёт к деградации насыпного плодородного слоя.

В районах интенсивной добычи полезных ископаемых естественные сельскохозяйственные угодья очень часто оказываются не востребованы и не используются для производства продукции. Учитывая неблагоприятные свойства технозёмов и трудности проведения агротехнических работ на рекультивированных землях, местные сельхозпроизводители в большинстве случаев оставляют эти участки под естественное зарастание. Таким образом, затраченные на рекультивацию средства практически не окупаются, а создать травянистый растительный покров можно и на менее плодородных субстратах.

Выводы

1. Технология создания технозёмов путём отсыпки на начальных этапах приводит к деградации и ухудшению агрофизических и агрохимических свойств снятого ПСП. Главная причина этого заключается в несовершенстве технологии создания технозёмов и хранении ПСП в буртах. Если в естественном состоянии свойства ПСП регулируются процессами почвообразования, наличием генетической и биологической сопряжённости, то в технозёмах эти механизмы должны восстановиться на мелиоративном этапе. Только после достижения устойчивых благоприятных показателей агрофизического и гумусового состояния в насыпном слое рекультивированные участки можно вводить в сельскохозяйственный оборот.

2. Объём такого ресурса рекультивации, как гумусово-аккумулятивный горизонт, может быть ограничен, поскольку не во всех биоклиматических зонах гумусово-аккумулятивный горизонт естественных почв имеет значительную мощность. Независимо от того, существует ли дефицит ПСП, в качестве насыпного слоя рекомендуется применять смесь ПСП и ППП. Данная смесь имеет свойства как гумусово-

аккумулятивного горизонта, так и горизонта В, и в процессе эволюции почв независимо от биоклиматической обстановки будет генетически предопределять дальнейшее развитие в зависимости от факторов и условий почвообразования.

3. Чтобы сохранить свойства ПСП, необходимо, минуя фазу складирования, отсыпать его на ранее обработанные участки или вновь сформированные отвалы. Толщина насыпного слоя должна составлять 25 см и более, насколько хватит ПСП или смеси ПСП+ППП.

4. С целью достижения максимального экологического эффекта, применительно к конкретному ландшафту, необходимо проводить мониторинг каждого этапа рекультивации. При этом нужно ввести дифференцированную ответственность ресурсопользователей за каждый этап таких работ.

Литература

1. Андроханов В. А. Технозёмы: свойства, режимы, функционирование / В. А. Андроханов, С. В. Овсянникова, В. М. Курачев. – Новосибирск : Наука, СИФ РАН, 2000. – 200 с.
2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина – М. : МГУ, 1970. – 487 с.
3. Вадюнина А. Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина – М. : Высш. шк., 1973. – 400 с.
4. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 342 с.
5. Курачев В. М. Классификация почв техногенных ландшафтов / В. М. Курачев, В. А. Андроханов // Сиб. экол. журн. – 2002. – № 3. – С. 255–261.
6. Масюк Н. Т. Введение в сельскохозяйственную экологию. / Н. Т. Масюк. – Днепропетровск, 1989. – 192 с.
7. Моторина Л. В. Промышленность и рекультивация земель / Л. В. Моторина, В. А. Овчинников. – М. : Мысль, 1975. – 240 с.
8. Трещевская Э. И. Повышение плодородия субстратов в промышленных отвалах Курской магнитной аномалии / Э. И. Трещевская, Я. В. Панков, И. В. Трещевская. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2011. – 188 с.
9. Чайкина Г. М., Рекультивация нарушенных земель в горнорудных районах Урала / Г. М. Чайкина, В. А. Обьедкова. – Екатеринбург : УрО РАН, 2003. – 268 с.

Problems of recultivation of man-made landscapes of Krasnoyarsk region

Androkhanov V. A., Dvurechenskiy V. G.

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk

Abstract. The article deals with the problems of creation of artificial soils (technozems) on the surface of the dumps formed as a result of coal mining. It was found that in the course of creation of technozems by piling of preliminarily removed fertile soil layer (PRFSL) the degradation of agrophysical and agrochemical properties occurred in PRFSL. For effective rehabilitation of the lands in question the reclamative stage for technozems development is necessary. At this stage the agrotechnical measures directed to rehabilitation of favorable indices of agrophysical and humus state status in the piled layer should be implemented. Only after carrying out reclamative stage the plots under rehabilitation can be effectively used in agriculture.

Keywords: technogenic landscapes, embryozems, fertile soil stratum, technozems, recultivation, physical and chemical properties, humus, density of soil, melioration stage of recultivation.

*Двуреченский Вадим Геннадьевич
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630090, г. Новосибирск, пр. Академика
Лаврентьева, д. 8/2
кандидат биологических наук, научный сотрудник
тел. (8383) 363-90-10
E-mail: dvu-vadim@yandex.ru*

*Dvurechenskiy Vadim Gennadievich
Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS
8/2 Lavrentyev Av., Novosibirsk, 630090
Ph. D. in Biology, research scientist
phone: (8383) 363-90-10
E-mail: dvu-vadim@yandex.ru*

*Андроханов Владимир Алексеевич
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630090, г. Новосибирск, пр. Академика
Лаврентьева, д. 8/2
доктор биологических наук,
заведующий лабораторией
тел. (8383) 363-90-10
E-mail: androhan@rambler.ru*

*Androkhanov Vladimir Alekseevich
Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS
8/2 Lavrentyev Av., Novosibirsk, 630090
Dr. Sc. of Biology, Head of laboratory
phone: (8383) 363-90-10.
E-mail: androhan@rambler.ru*