

«Шагреновая кожа» ЗЕМЛИ

Природоподобные технологии рекультивации угольных отвалов

В знаменитом романе Оноре де Бальзака, повествующем о порочных страстях человека и неминуемой расплате за них, фигурирует лоскут шагреновой кожи – талисман, исполняющий любое желание. Но с каждым осуществленным желанием кожа сжимается, отнимая несколько лет из жизни ее владельца. Для человечества «шагреновой кожей» является почва. Как и герой французского романа, человек не слишком заботится о разумности своих желаний. Главным для нашей цивилизации всегда было стремление всеми способами увеличить потребительскую корзину, что шло прежде всего за счет роста использования энергоресурсов. И мало кого заботило, что с каждой добытой тонной угля или баррелем нефти уничтожаются кубометры почвенного покрова вместе с его обитателями. Результат – огромные площади, занятые так называемыми нарушенными землями, среди которых немалую долю составляют отвалы и карьеры угледобывающих предприятий. Возрождение к жизни этих практически безжизненных земель – дело непростое и очень долгое, особенно если продолжать использовать технологии рекультивации, принятые на вооружение десятки лет назад. Альтернатива им есть – это природоподобные технологии, с помощью которых можно не только значительно ускорить восстановление на отвалах естественных лугов и лесов, но и создавать «углеродные фермы» для депонирования углекислого газа, накопление которого в атмосфере провоцирует изменения климата

Ключевые слова: почва, терриконы, угольные отвалы, рекультивация, карбоновый полигон, Кузнецкий угольный бассейн, Кузбасс.

Key words: soil, waste heaps, coal dumps, reclamation, carbon polygon, Kuznetsk coal basin, Kuzbass

© А. Н. Куприянов, В. И. Уфимцев, 2023



Молодая поросль кедра сибирского на пионерной стадии естественного зарастания отвала.
Фото А. Куприянова

Слева – угольный отвал Кузбасского угольного бассейна после лесной рекультивации.
Фото В. Уфимцева

Обладея мною, ты будешь обладать всем, но жизнь твоя будет принадлежать мне... При каждом желании я буду убывать, как твои дни.
Оноре де Бальзак, «Шагреновая кожа»

Русский философ Л.Н. Гумилев как-то заметил: «Прогресс – как огонь: он и греет, и сжигает». Достижения в науке и технике обеспечили человеку чрезвычайно комфортное существование. Однако он платит непомерную цену за свое благополучие, разрушая устойчивое функционирование природных экосистем, а следовательно, и условия самого своего существования. Мы живем в эпоху глобального экологического кризиса – технократическое развитие цивилизации, убивая природу, уничтожает саму цивилизацию.

Многие ученые считают, что современное человечество находится в точке *бифуркации* (критического состояния) биосферы, за которой ее дальнейшее развитие неопределенно, и даже небольшие флуктуации могут изменить путь ее дальнейшей эволюции. По мнению пессимистов, точка бифуркации уже пройдена, и наш мир катится к концу света. Оптимисты же полагают, что еще есть шанс исправить положение, если к этому приложит силы все человечество.

Сегодня люди беспокоятся о выживании редких видов растений и животных, но часто забывают об одном из важнейших компонентов земной биосферы – *почве*, верхнем плодородном слое земли. Это самостоятельное природное тело, по словам основателя школы научного почвоведения В.В. Докучаева, представляет собой сложную многофазную систему и возникло в результате взаимодействия горных пород, климата и живых организмов. Процесс формирования почвы чрезвычайно длителен и соизмерим с геологическими периодами, и этот очень уязвимый природный ресурс – настоящая «шагреновая кожа» планеты.

В начале XXI в., по данным ООН, до 40% всех земель на планете можно было отнести к деградировавшим. Встречаются они во всех уголках Земли и на самых разных территориях: в пустынях и тропических лесах, на месте бывших городов и рудников... В таких местах наиболее активно идет сокращение популяций

Земельный фонд Российской Федерации на 1 января 2022 г. составлял 1712,5 млн га. По площади пашни на душу населения (0,79 га) РФ входит в первую пятерку стран, более чем в 3 раза превосходя среднемировой уровень. Наша «шагреновая кожа» велика, однако за три последних десятилетия российские земли сельскохозяйственного назначения сократились на 258,4 млн га



КУПРИЯНОВ Андрей Николаевич – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Кузбасского ботанического сада Института экологии человека Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН (Кемерово). Автор и соавтор более 450 научных работ и 5 патентов



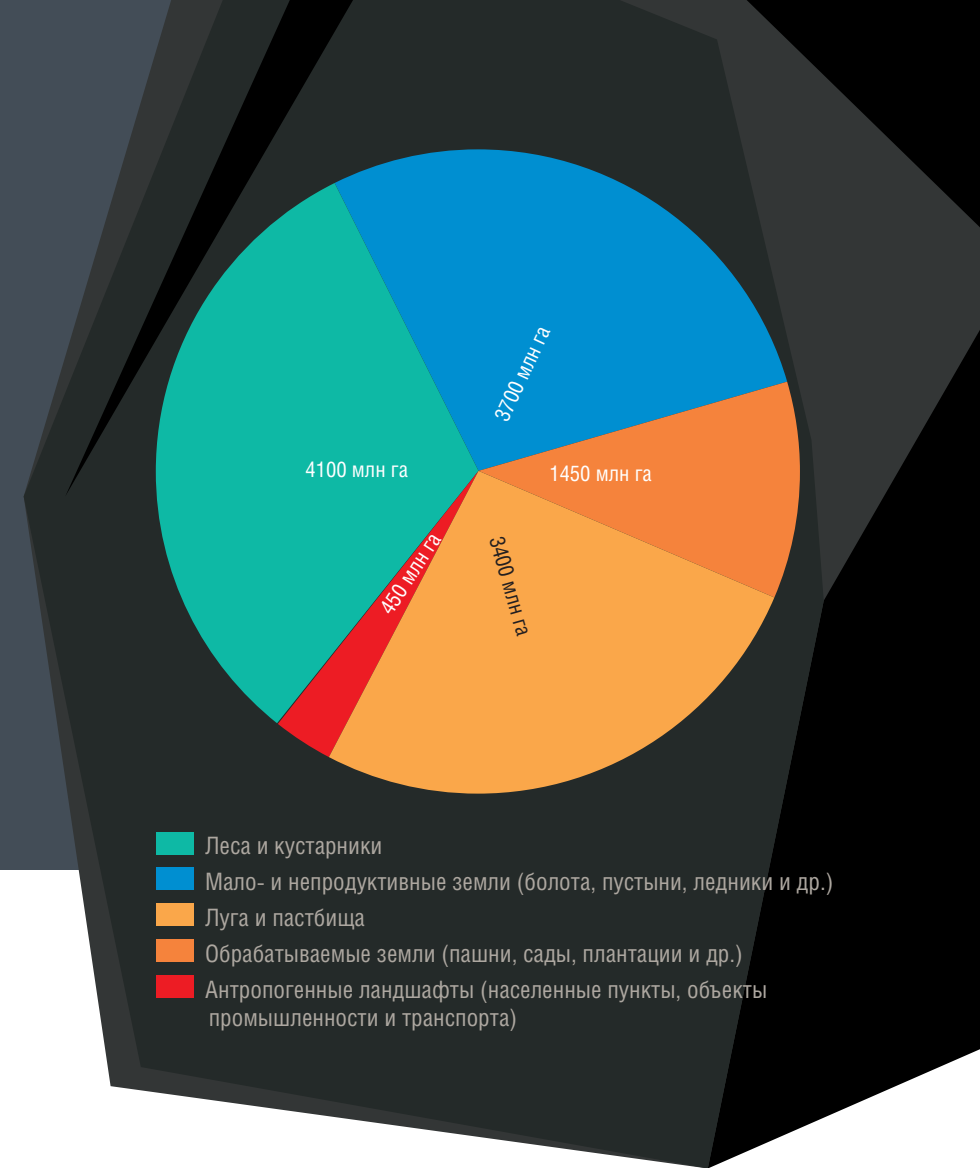
УФИМЦЕВ Владимир Иванович – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией рекультивации и биомониторинга Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН (Кемерово). Автор и соавтор 85 научных работ и 3 патентов

Общая площадь земной поверхности нашей планеты составляет около 51 млрд га, при этом суша занимает 14,9 млрд га. Вся остальная (более 70%) территория располагается под водой. Если же исключить Антарктиду, то в распоряжении человека находится лишь около четверти от общей площади поверхности Земли. Для возделывания сельскохозяйственных культур используется лишь около десятой части общей площади земной суши, но этого достаточно, чтоб обеспечить продовольствием все население планеты. Еще около трети занимают леса, без которых трудно представить жизнь человека. И сельское хозяйство, и леса – все это существует благодаря почвенному покрову

растений и животных, к тому же деградирование земли усугубляет климатические проблемы за счет снижения способности природных сообществ поглощать *углекислый газ* – один из главных компонентов атмосферы, ответственных за «парниковый эффект».

Обратная сторона прогресса

Важным фактором деградации земли служит потеря ее почвенного покрова при добыче полезных ископаемых. Человек научился добывать ископаемое топливо и руды очень давно, и часто добыча сопровождалась образованием отвалов. Они, конечно, портили пейзаж, но поначалу были не слишком большими. Поэтому, когда в 1784 г. будущий король Саксонии, курфюрст саксонский Фридрих Август III впервые приказал разводить на отвалах ольху, это посчитали прихотью. Но эксперимент оказался удачным: европейские лесники занимались посадкой ольхи на нарушенных землях практически до конца XIX в.



В структуре мирового земельного фонда на сельскохозяйственные угодья приходится лишь 37%, причем обрабатываемые земли занимают лишь 11%, а все остальное – естественные луга и пастбища. Еще на 32% территории располагаются леса и кустарники, и почти столько же занимают мало- и непродуктивные земли (Митрофанова, 2020)

На середину этого века пришелся первый этап научно-технической революции. Бурное развитие европейской промышленности сопровождалось увеличением потребности в топливно-энергетических ресурсах, что привело к широчайшей экспансии угледобычи. Закономерным следствием прогресса стал быстрый рост площади угольных отвалов.

Основной экологической проблемой при добыче угля, как, впрочем, и других полезных ископаемых, является деградация окружающей среды. Нарушение почвенного покрова провоцирует развитие процессов эрозии, приводит к росту загрязнения атмосферы и воды, к снижению биологического разнообразия природных экосистем. Соответственно, ухудшается и среда обитания человека, что может проявляться в тяжелых последствиях для здоровья через много десятилетий.

Интегральным показателем состояния человеческой популяции, проживающей в угледобывающих районах, является увеличение естественной



убыли населения, высокий уровень врожденных аномалий, повышенный фон онкологических, нервных, сердечных заболеваний, болезней системы крови и дыхательных путей. В структуре населения растет удельный вес групп, особо уязвимых к воздействию окружающей среды.

Только в середине XX в. люди осознали необходимость восстановления земель, нарушенных в результате угледобычи. Однако в то время наука еще не была готова дать рецепты возвращения им хозяйственной и экологической функций.

Техногенный элювий – так называют конгломерат извлеченных из-под земли горных пород – биологически стерилен: он не содержит ни гумуса, ни питательных веществ, а главное, в нем нет азота, необходимого для роста растений. Почвоведы, ботаники и экологи должны были дать ответы на ряд вопросов: что делать с почвой, уничтожившейся в результате добычи угля и образования отвалов? Может ли на угольных отвалах сформироваться почва и естественная растительность, и если да, то за какой срок? Возможно ли использовать отвалы для выращивания растений?

Разработка нового угольного разреза в Кузнецком угольном бассейне (вверху). Попутным результатом угледобычи служат отвалы пород, вмещающих уголь. Фото В. Уфимцева

Кузбасс – угольное сердце страны

В СССР техногенным ландшафтам долгое время не уделялось достаточного внимания, в том числе и со стороны научно-исследовательских организаций, – основные научные силы были задействованы в исследовании огромных, неосвоенных и практически неизученных сибирских регионов. Между тем в районах гигантских всесоюзных строек, мощных гидротехнических сооружений и нефте- и угледобычи повсеместно появлялись обширные территории с нарушенным почвенным слоем.

В 1960–1970 гг. для удовлетворения нужд промышленности только в Сибири было изъято 700 тыс. га земель лесного и сельскохозяйственного назначения, а в масштабе всего СССР эта цифра была почти втрое выше. И такая тенденция сохранялась в последующие годы.

К 2020 г. площадь нарушенных земель в Российской Федерации составила 1,1 млн га, при этом наибольший рост зафиксирован в Кемеровской области, или, как ее сегодня называют официально, Кузбассе (от сокращенного названия Кузнецкого угольного бассейна). Так, в 1974 г. площадь угольных отвалов составляла там около 40 тыс. га (Баранник, 1988), но впоследствии, по оценкам экспертов, достигла 150–230 тыс. га.

В недрах Кузбасса сосредоточено свыше трети от объема всех полезных ископаемых на территории России. Здесь добывают железо, золото, серебро, цинк, свинец, марганец; обнаружены богатые залежи фосфоритов

и другого ценного сырья для промышленности и сельского хозяйства. Но главным полезным ископаемым Кузбасса, несомненно, является каменный уголь. История промышленной угледобычи началась здесь во второй половине XIX в. За это время из недр Кузбасса было добыто около 9 млрд тонн угля, причем 4 млрд из них – за последние два десятилетия. В 2018 г. добыча составила рекордные 255 млн тонн – более половины от общероссийской.

Из-за снижения спроса на уголь в Европе в 2020 г. объемы угледобычи в Кемеровской области снизились, однако добыча открытым способом еще более возросла, достигнув 164 млн тонн – трех четвертей от общего объема. Благодаря большим разведанным запасам высококачественных углей, горнотехническим условиям и развитой инфраструктуре Кузбасс и впредь останется ведущим угледобывающим регионом РФ (Копытов, Шаклеин, 2018).



Угольные терриконы Кузбасса.
Справа – отвал, который не зарос за столетия.
Фото А. Куприянова

Но чтобы добыть открытым способом даже одну тонну угля, нужно изъять из оборота лесные или сельскохозяйственные угодья, снять почвенный покров вместе с плодородным слоем. Как уже говорилось, результат таких действий – резкое изменение рельефа, нарушение водного, воздушного и пищевого режима почвы, что наносит ущерб экосистеме в целом. К тому же вынесенные на поверхность породы, вмещающие уголь, часто содержат легко окисляющийся *пирит* (*серный*, или *железный*, *колчедан*) и сопутствующие ему тяжелые металлы, которые в высоких концентрациях представляют опасность для человека и животных.

В связи с разведкой и активным освоением месторождений уровень экологически допустимого воздействия на почву в Кузбассе значительно превышен – существует реальная угроза необратимого техногенного загрязнения окружающей среды. При этом темп роста площади загрязненных и нарушенных территорий многократно превышает скорость их рекультивации. Особое беспокойство вызывает утрата значительной части биологического разнообразия из-за возрастающей антропогенной нагрузки, что представляет опасность для региональных экосистем, исполняющих функции по очистке воздуха и воды, стабилизации и регулированию климата.

Выход из этой ситуации один – активная рекультивация отвалов, восстановление на них сообществ, максимально приближенных к природным.

Промышленная ботаника

В 1960–1970-х гг. поток научных публикаций по результатам почвенно-ботанических исследований на отвалах и карьерах СССР постоянно рос. И это позволило выявить серьезные недостатки большей части таких работ: различие в методах изучения техногенных ландшафтов, разрозненность данных, отсутствие комплексного подхода. Поэтому довольно быстро пришло осознание необходимости разработки и унификации методов исследования процессов, происходящих в живых сообществах под влиянием техногенного фактора.

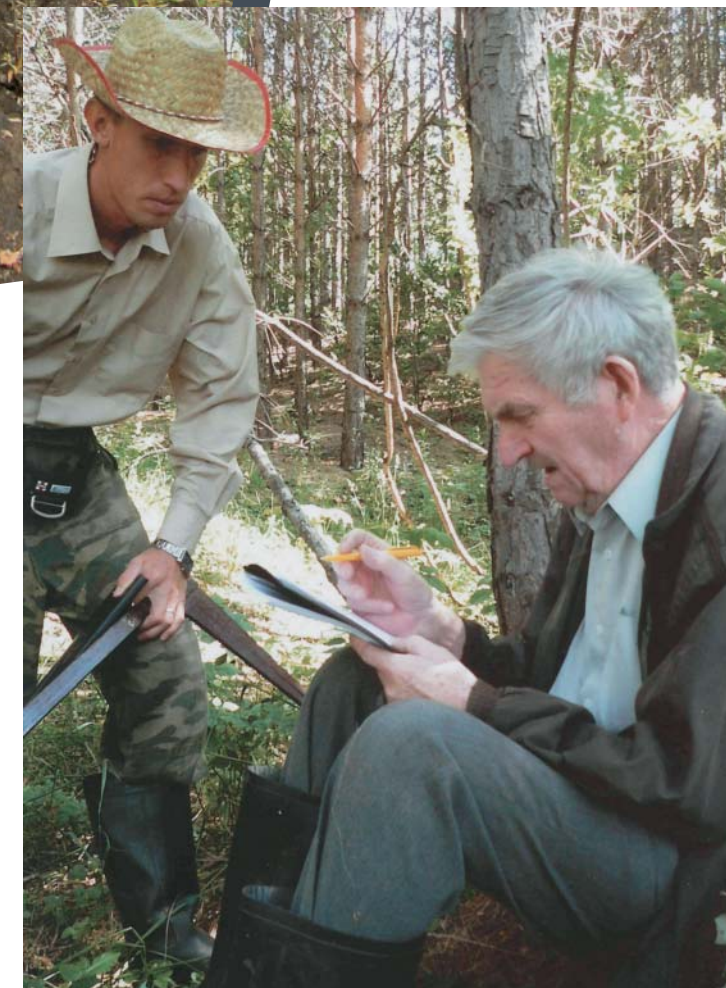
В это время и зародилась новая наука – «промышленная ботаника», основателем которой стал д-р биол. наук В.В. Тарчевский из Уральского государственного университета. В 1967 г. Тарчевский писал: «...растения в зоне промышленных предприятий имеют значительные отклонения в характере морфогенеза, фотосинтеза, биохимического состава, сингенетических смен [закономерных стадий зарастания отвалов]. Это с полным основанием позволяет ставить вопрос о выделении специального научно-производственного отдела ботаники – промышленная ботаника».

Нужно добавить, что именно Тарчевский вместе со своей коллегой Т.С. Чибрик провели в 1967 г. первые



Методы биологической рекультивации для Кузбасса успешно разрабатывались сотрудниками лаборатории рекультивации новосибирского Института почвоведения и агрохимии (ИПА) СО АН СССР, организованной в 1968 г. д-ром биол. наук С.С. Трофимовым. В наши дни сибирская научная школа промышленной ботаники, основателем которой по праву считается Трофимов, является одной из ведущих в России.

Многолетним партнером Трофимова в изучении процесса восстановления леса на отвалах был д-р биол. наук Л.П. Баранник, который начал научную карьеру в должности главного лесничего Новокузнецкого опытно-показательного лесхоза. С 1969 г. он вел опытные



В.И. Уфимцев с Л.П. Баранником.
Фото Ю. Манакова

Вверху – зарастание угольного отвала
облепихой. Кузбасс. Фото А. Куприянова

исследования зарастания отвалов угольных предприятий Кузбасса.

Достаточно быстро появились научные коллективы, которые занялись изучением формирования растительного покрова отвалов и созданием технологий лесной и сельскохозяйственной рекультивации. Так, на Урале с 1961 г. активно работала (и работает по сей день) лаборатория промышленной ботаники, созданная Тарчевским. В Донецке этой деятельностью занялся научный коллектив, сформировавшийся на базе Донецкого ботанического сада, в Подмосковье – лаборатория рекультивации Всероссийского НИИ защиты растений, в Караганде – коллектив сотрудников Карагандинского ботанического сада.

работы по лесной рекультивации, в ходе которых был подобран и испытан ассортимент деревьев и кустарников, способных произрастать на малоплодородных почвах, и разработаны технологические приемы облесения техногенных ландшафтов.

Результаты исследований ученого послужили основой для проведения широкомасштабных работ лесной рекультивации не только в Кузбассе, но и во всей стране. В частности, Баранник впервые использовал для лесной рекультивации *сосну обыкновенную* и *облепиху*. Эти растения вступают в симбиоз с *азотфиксирующими бактериями*, которые селятся на их корнях. Благодаря азоту, усвоенному азотфиксаторами из атмосферного воздуха, эти деревья растут на отвалах так же хорошо, как и на обычных почвах.

Рекультивация по ГОСТу

В результате исследований ботаников, агрономов и лесников были сформулированы основные направления и разработаны технологии биологического этапа рекультивации отвалов угледобычи, что отразилось в ГОСТах и рекомендательных документах. Рекультивация, включающая снятие плодородного слоя почвы с территории будущего угольного разреза и складирование ее в буртах для последующего использования на отработанных отвалах, стала для горнодобывающей промышленности обязательной и начиная с 1980-х гг. неукоснительно исполняется.

С той поры прошло более полувека планомерных научных исследований на отвалах. В частности, изучением естественного зарастания отвалов Кузбасса, расположенных в разных климатических зонах, уже более четверти века занимается д-р биол. наук Ю. А. Манаков. Он описал основные стадии этого процесса, каждая из которых отличается определенными показателями развития растительного сообщества и имеет свой набор характерных видов.

И оказалось, что в обозримый исторический период создать с помощью применяемых на сегодня технологий высокопродуктивные искусственные или естественные сообщества невозможно. На экспериментальных площадках исследователям удавалось добиться восстановления плодородия почвы до 90%, однако средний показатель на рекультивированных землях составляет только около 30%.

Одна из причин в том, что бурты снятого плодородного слоя, как правило, хранятся 30–50 лет, и за это время агрофизические и агрохимические свойства почвы меняются. В ней разрушаются *гуминовые комплексы*, она зарастает сорняками, а семена и корневища аборигенных растений, как и почвенная фауна, погибают. В результате плодородная почва превращается в потенциально плодородный почвогрунт, а нанесенный на отвалы, он к тому же подвергается ветровой и водной эрозии.

ТИП БИОЦЕНОЗА ХАРАКТЕРИСТИКИ

Проективное
покрытие

Число видов

Участие/
доминирование видов



ПИОНЕРНАЯ ГРУППИРОВКА

10–15%, растения
единичны и разрозненны

13–25

Зональная флора
практически не представлена



ПРОСТОЙ ФИТОЦЕНОЗ

Более 15%, отдельные
заросли и группы

10–30

Доминируют виды с широкой
экологической амплитудой



СЛОЖНЫЙ ФИТОЦЕНОЗ

Более 30%

20–50

Доминируют виды
зональной флоры

Стадии заселения растениями угольных отвалов (первичной сукцессии) в разных фитоценозах лесостепной зоны Кузбасса. Один из важных показателей обилия видов в сообществе – проективное покрытие, которое оценивается по относительной площади проекции растений на поверхность почвы, в % (Манаков и др., 2011)

Внизу – пример одной из начальных стадий первичной сукцессии на отвале: формирование простого фитоценоза из отдельных растительных группировок. Кузбасс. Фото Ю. Манакова

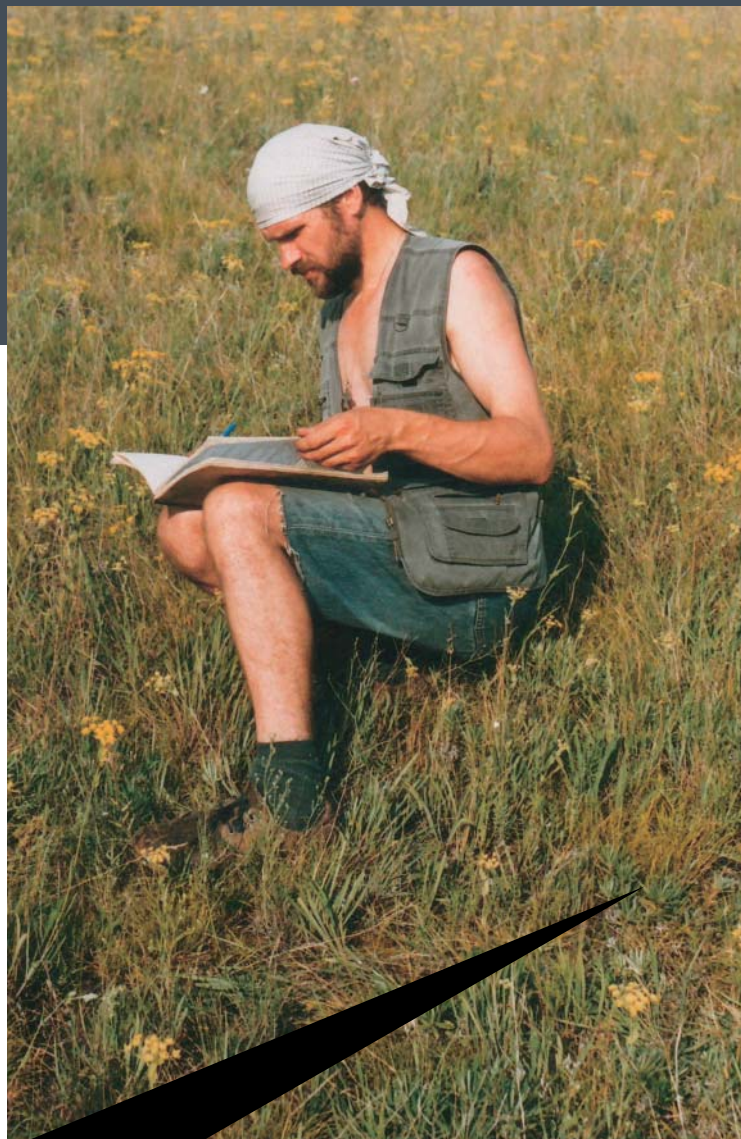
Теоретическую базу для разработки новых технологий восстановления растительного покрова отвалов заложили исследования механизма сукцессий – последовательной закономерной смены одного биологического сообщества другим на определенных участках территории. Первичные сукцессии начинаются на месте, лишенном жизни и не имеющем почвенного покрова, – именно такими являются отвалы угледобычи. Каждая из стадий первичных сукцессий на отвалах характеризуется определенными показателями развития растительного сообщества и имеет набор характерных видов, который изменяется от одной стадии к другой





Специалист по экологии растений Ю. А. Манаков (справа) инициировал работы по биологическому мониторингу земель в зоне воздействия угледобывающих предприятий. Фото А. Куприянова

Вверху – стадия формирования сложного фитоценоза на угольном отвале. Кузбасс. Фото Ю. Манакова



В наши дни лесная рекультивация отвалов является наиболее востребованной угольными компаниями. Однако иногда ее результатом становятся мертвопокровные сосняки, где нижние ярусы растительности отсутствуют (вверху).

Внизу – заселение отвала ячменем гривастым, чужеродным для местной флоры инвазионным видом-«захватчиком».

Фото В. Уфимцева и А. Куприянова



Из большого ассортимента древесных растений для залесения отвалов используется лишь сосна обыкновенная. При этом нормы ее посадки значительно завышены, что обычно приводит к созданию мертвопокровных сосняков. В таких лесах свет не проникает через полностью сомкнутые кроны деревьев, поэтому под лесным пологом ничего не растет.

Неудивительно, что и формирование на рекультивируемых землях естественной растительности, характерной для данной ботанико-географической зоны (степи, луга, темнохвойной тайги), идет крайне медленно. Большинство исследователей отмечают бедность ее флористического состава, что объясняется недостатком элементов минерального питания и неблагоприятными экологическими факторами. Нередко отвалы становятся «черными дырами», через которые на территорию проникают заносные виды-«захватчики», несвойственные местной флоре.

Тем не менее и сегодня проекты по рекультивации отвалов угледобычи разрабатываются в полном соответствии с устаревшими нормативными документами:

ГОСТы, принятые десятки лет назад, служат прокрустовым ложем, мешающим внедрению новых технологий восстановления экологической функции нарушенных земель.

В 1992 г. в Рио-де-Жанейро завершилась конференция ООН, на которой обсуждалась повестка на XXI в. и была принята Декларация по окружающей среде и развитию. В основу этого документа был положен тезис об устойчивом развитии человечества, возможном лишь при бережном природопользовании. Там же было признано, что залогом стабильности окружающей среды, а следовательно, и жизни человечества на Земле является поддержание биологического разнообразия как основной и непреходящей ценности, имеющей экономическое, экологическое, социальное значение.

В этом смысле нарушенные территории, включая отвалы горных пород угольных компаний, следует рассматривать как объекты, на которых нужно воссоздавать природные сообщества с присущими им характеристиками. И на смену прагматичным технологиям рекультивации должны прийти *природоподобные технологии*, направленные на восстановление естественного флористического разнообразия.

Шаги в этом направлении уже сделаны и в нашей стране. Так, в ноябре 2023 г. в РФ издан Указ «О развитии природоподобных технологий в Российской Федерации» (№ 818), где предлагается в шестимесячный срок утвердить план соответствующих мероприятий. И технологии, направленные на создание и восстановление растительного покрова на отвалах угольных предприятий, безусловно, найдут свое место.

Именно такие природоподобные технологии успешно разрабатываются в течение последних десяти лет в Кузбасском ботаническом саду.



Ковыльная степь, восстановленная на отвале с помощью природоподобной технологии рекультивации. Кузбасс. Фото Ю. Манакова

Подсмотрено у природы

Одна из важнейших проблем рекультивации – сохранение плодородного слоя почвы при открытых горных работах. Согласно новой технологии, плодородный слой почвы со всеми корневищами, семенами и живыми растениями снимается с тех участков, которые будут уничтожены при создании угольного разреза, и наносится на уже имеющиеся отвалы, минуя стадию образования буртов.

При проверке эффективности новой технологии в качестве контроля был выбран многовидовой *лилейниковый луг*. Верхний слой почвы снимали скреперами и сразу покрывали им подготовленный отвал. Уже на пятый год на отвале сформировалось природоподобное растительное сообщество, насчитывающее около 40 видов, при этом плотность *лилейника* – многолетнего, красивоцветущего корневищного растения – практически восстановилась до значений, характерных для природного луга.

Таким образом, если пропустить стадию хранения плодородного слоя почвы в буртах, которую требует современное законодательство, можно значительно ускорить процессы естественного восстановления растительности на отвалах. В этом случае удается миновать стадию формирования простых, «обедненных» фитоценозов и получить «на выходе» природоподобное сообщество с высоким флористическим разнообразием.

Следующие на повестке – «рукотворные» луга и леса. Такая технология реставрации растительности осуществляется в два этапа. Вначале заготавливается травяно-семенная смесь: на маточных участках скашивается надземная масса растений в начале и конце лета, чтобы в смесь попали семена как ранне-, так и поздноцветущих растений. Затем такая смесь высушивается, измельчается и наносится поздней осенью на поверхность отвала.

Исследования, ведущиеся с 2014 г. на отвалах Виноградовского угольного разреза Кузбасской топливной компании на площади 3 га, показали, что применение этой технологии позволяет уже на третий-четвертый год воссоздать лугово-степные сообщества, насчитывающие несколько десятков видов местной флоры, а на восьмой год – и сообщества, характерные для каменистых склонов. При естественном зарастании отвалов такого эффекта не удавалось достичь в течение сорока лет.

На отвалах вскрышных пород угольной промышленности возможно восстанавливать и природоподобные лесные экосистемы, максимально приближенные по своим характеристикам к естественным. Для этой цели была разработана технология рекультивации путем создания многоярусных лесных сообществ из различных древесных видов.

В этом случае на отвалах сажают не одну древесную культуру (как правило, сейчас используется сосна обыкновенная), а сразу несколько видов деревьев

и кустарников. При этом применяется посадочный материал с закрытой корневой системой, что повышает приживаемость и сохранность растений. Древесные породы подбираются таким образом и в таком количестве, чтобы они дополняли друг друга и не мешали развитию под их пологом травянистых растений. В результате со временем искусственные насаждения становятся неотличимыми от естественного леса.

Для таежных районов рекомендуются двухъярусные насаждения из *сосны кедровой сибирской*, или *кедра*, как его называют в обиходе, и *лиственницы сибирской*. В качестве подлеска используют лиственные культуры, прежде всего *березу* и *рябину*. Береза – одна из самых устойчивых и быстрорастущих пород, а плоды рябины – прекрасная кормовая база для многих птиц, которые активно селятся в таких насаждениях и способствуют дальнейшему росту видового разнообразия леса.

Формирование природоподобного лесного сообщества на отвале. Фото В. Уфимцева





Несколько десятилетий назад на этом месте рядом с британским г. Радстоком высились черные зазубренные «горы» – угольные терриконы шахт Тайнинг и Брейсдаун. © CC BY 2.0 DEED/Stewart Black

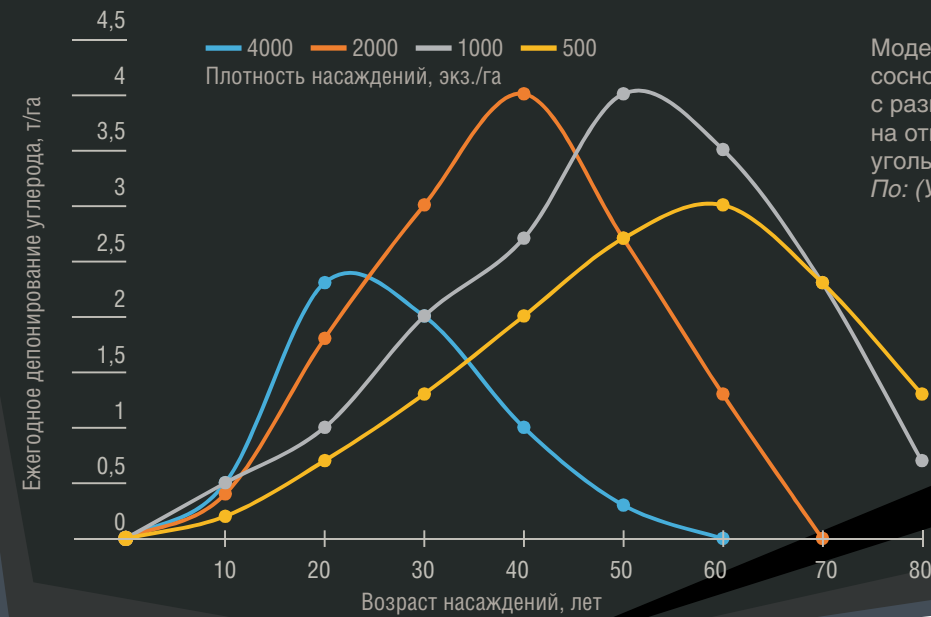
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ КАК ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИНИЦИАТИВА

Экологическая ситуация в промышленных областях Европы, США и Австралии 50–70 лет назад была такой же, как в современном Кузбассе. «Лунные ландшафты» отвалов горнодобывающей промышленности были неотъемлемой частью Рурской угольной провинции в Германии и Ланкашира в Англии, канадской провинции Онтарио и американского штата Монтана, австралийского Квинсленда и др. На начальном этапе интенсивного промышленного развития во всех этих районах разработки полезных ископаемых велись буквально варварским способом, без учета последствий для окружающей среды.

Однако уже к 1970-м гг. отношение к природной среде в этих странах начало радикально меняться. Добычу угля и других полезных ископаемых стали вести в рамках жесткого природоохранного законодательства, под государственным контролем, с использованием гибкой налоговой системы и активным общественным участием. Проблема рекультивации нарушенных земель решалась в ходе беспрецедентных кампаний, инициированных государственной властью. В Австралии прямое регулирование правительством стало основным инструментом решения экологических проблем в горнодобывающей промышленности. Госзаказы на конкурсной основе позволили провести в том же Онтарио успешную рекультивацию

нарушенных территорий с использованием широкого спектра восстановительных мероприятий. Аналогичная государственная инициатива была проявлена в Германии в угледобывающих районах в департаментах Рур и Саар. В Великобритании также был принят ряд законодательных актов, стимулирующих практику восстановления нарушенных земель, и прежде всего – с помощью государства.

Вопрос об усилении контроля за добычей угля горячо обсуждался в 1960-х гг. и в Конгрессе США. В результате там был принят «Закон о контроле и рекультивации при проведении открытых горных работ по добыче угля», подписанный президентом Л. Б. Джонсоном. В России до сих пор нет федерального закона о рекультивации нарушенных земель, а следовательно, и правительство Кузбасса не может разработать аналогичный региональный законопроект. Стоимость рекультивации земли в промышленно развитых западных странах высока – в пересчете на один гектар может достигать 40 тыс. долларов. Это обусловлено множеством факторов, включая издержки на передачу нарушенных земель, расходы на восстановительные работы и последующий уход за восстановленной территорией. В свою очередь, эти факторы зависят от характера местоположения участка, который определяет его рыночную стоимость, природные особенности и форму использования по завершении рекультивации



Модель депонирования углерода сосновыми насаждениями с разной плотностью посадки на отвалах вскрышных пород угольной промышленности. По: (Уфимцев, Куприянов, 2021)

Создаем «углеродные фермы»

В новом веке рекультивируемые угольные отвалы могут сыграть совершенно новую роль – стать местом депонирования углекислого газа.

Как известно, сегодня одна из самых серьезных экологических проблем – это *глобальное потепление* (стабильный рост среднегодовой глобальной температуры), которое фиксируют начиная с 1800-х гг. Большинство исследователей связывают это явление с увеличением в атмосфере так называемых *парниковых газов* (прежде всего углекислого газа), которые удерживают тепло в атмосфере.

Основным фактором глобального потепления считается антропогенная деятельность, главным образом – сжигание ископаемых видов топлива, таких как уголь, нефть и газ, в результате которого в воздух выбрасывается много CO₂. Усиление парникового эффекта приводит к глобальным изменениям климата, что угрожает необратимыми последствиями для биосферы и катастрофическими – для человечества.

Кузбасс – один из немногих регионов в России, где доля каменного угля в структуре топливно-энергетического комплекса на фоне других видов топлива резко преобладает. Ежегодно в Кемеровской области на ТЭЦ, в котельных и в частных домовладениях сжигается около 10 млн тонн этого топлива. Если учесть, что 1 га леса в период интенсивного роста аккумулирует в виде древесины около 3–4 тонн углерода, то для поглощения выделяемого в Кузбассе углекислого

газа требуется около 3 млн га молодых и средневозрастных, активно растущих древесных насаждений.

И здесь на помощь могут прийти рукотворные сосновые леса, растущие на бывших угольных отвалах. Как уже говорилось, сосна получает необходимый азот благодаря симбиозу с азотфиксирующими бактериями, поэтому ее можно садить непосредственно на «свежих» отвалах, минуя стадию насыпки плодородной почвы. При этом сосна является рекордсменом по скорости роста и устойчивости, а молодые сосняки способны накапливать в своей древесине до 4 т/га углерода.

Деревья интенсивно поглощают углекислый газ в молодом возрасте (пик поглощения CO₂ приходится на 40–60-летние насаждения), затем интенсивность депонирования углерода сокращается. Меняя плотность посадки сосны, можно регулировать темпы накопления углерода в древостое. Когда же его масса достигнет максимума, деревья можно утилизировать, не сжигая, и посадить на этом месте новый сосновый лес.

Отвалы с насаждениями сосны становятся настоящими углеродными фермами, служа для депонирования углерода многие десятилетия. Важно и то, что при такой технологии не происходит неизбежного выделения углекислого газа в атмосферу из «молодой» почвы (*эмбриозема*), формирующейся на открытых угольных отвалах на основе выброшенных горных пород.

Дело остается за малым – внедрить эти предложения в практику.

Высадка на отвал,
не покрытый
плодородной почвой



Схема работы углеродной фермы с использованием сосновых насаждений на отвалах. По: (Уфимцев, Куприянов, 2021)

Проростки кедрового сибирского на угольном отвале Кузбасса (справа внизу). Фото Ю. Манакова



Ничто на Земле не вечно: виды рождаются, живут и вымирают, и человек не исключение. Самобытный русский философ конца прошлого века Н.Ф. Федоров в труде «Вопрос о братстве и родстве...» (1878–1893) писал: «Вопрос об участии Земли приводит нас к убеждению, что человеческая деятельность не должна ограничиваться пределами земной планеты. Мы должны спросить себя: знание об ожидающей Землю судьбе, об ее неизбежном конце, обязывает нас к чему-либо или нет. Или, иначе сказать, такое знание естественно ли, т.е. необходимо ли и нужно ли оно на что-нибудь природе, или же оно неестественно и составляет бесполезный придаток».

Мы можем только фантазировать, когда по естественным причинам исчезнет человек разумный как биологический вид, во что выльется его духовный и творческий потенциал. Безусловно, плавное течение эволюционного процесса перерождения человека может оборваться внезапно в результате космических катаклизмов. Эту случайность ученые способны спрогнозировать, и она бесконечно мала. Наша же задача на современном этапе проста и понятна – предотвратить катастрофическое вымирание человечества в результате экологического кризиса. И в том числе сохранить «шагреновую кожу» Земли...

Литература

Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 151 с.

Баранник Л. П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации. Новосибирск, 1988. 81 с.

Куприянов А.Н., Манаков Ю.А., Баранник Л.П. Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности Кузбасса. Новосибирск: Гео, 2010. 180 с.

Ленькова А. Оскальпированная Земля / сокр. пер. с пол. К.А. Радвилловича. М.: Прогресс, 1971. 287 с.

Манаков Ю.А., Стрельникова Т.О., Куприянов А.Н. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. 180 с.

Проблемы рекультивации земель в СССР: сб. ст. / отв. ред. д-р биол. наук С.С. Трофимов. Новосибирск: Наука, 1974. 259 с.

Уфимцев В.И., Куприянов А.Н. Карбоновые фермы – отвалы угольных предприятий Кузбасса // Уголь. 2021. № 11. С. 56–60. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-11-00-00.

Wallas-Wells D. The Uninhabitable Earth: Life after Warming. N. Y.: Tim Duggan Books, 2019. 320 p.

