

## РЕГУЛИРУЕМАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

рекультивация, сукцессия, регуляция, фитоценоз, техногенный экотоп

### Введение

Человеческое знание постоянно совершенствуется. Это относится и к области рекультивации техногенных экотопов. По мере накопления опыта в области применения существующих технологий рекультивации техногенно нарушенных земель собраны данные об «узких местах» в их применении, о недостаточной устойчивости формируемых структур при долговременном развитии. Кроме того, со временем изменяются и условия, в которых проводится рекультивация. С одной стороны, изменяются экологические условия: расширяется возрастной спектр отвалов, часть экотопов на них в процессе их развития становится более благоприятной для произрастания растений, по мере увеличения облесённости региона и достижения полного развития деревьями в лесополосах и зеленых зонах городов региона (а соответственно и их средообразующего влияния) произошел локальный сдвиг климатических условий от степных к опушечным, что вызвало процессы естественного развития древесных растений на отвалах. Также в последние десятилетия наблюдаются и глобальные изменения климата, что в нашем регионе проявляется сейчас в нестабильности климатических условий по годам и сезонам [7, 8].

Еще одним важным фактором развития ноосферы является изменение человеческой психологии и потребностей. То, что удовлетворяло раньше, может оказаться недостаточным в новом измененном мире. Приоритет от сферы вещевого потребления переходит к сфере жизнеобеспечения *senso lato*, экологические условия по мере их дефицита начинают становиться лимитирующим фактором развития цивилизации. А их сохранение при поступательном развитии экономики возможно только при условии достаточно полного и своевременного восстановления утраченного, что выдвигает требования к рекультивации промышленно нарушенных земель на новый уровень. В современных условиях, когда регуляция природных экосистем в значительной степени разрушена, роль регулирующего блока, по крайней мере в промышленно освоенных регионах, переходит к человеческому обществу [4]. Современная цивилизация либо должна найти способы гармонизации взаимоотношений с природой, либо она сойдет со сцены истории в результате глобальных экологических катастроф. Простой арифметический баланс скорости разрушения биогеоценозов и скорости их воссоздания показывает устойчивость развития системы природа – общество.

### Цель исследований

Целью данной работы является развитие нового подхода к рекультивации промышленно нарушенных территорий на основе направленного регулирования сукцессионных процессов в формирующихся на таких территориях растительных сообществах, который назван нами регулируемой рекультивацией.

### Объекты и методы исследований

Объектами исследования служили породные отвалы угольных шахт в Донецкой и Луганской областях. В ходе разработки проблемы изучали состояние рекультивационных насаждений, созданных по существующим технологиям, в основном разработанных в 60-х – 80-х годах двадцатого века, а также процессы естественного формирования растительности. При этом применяли общепринятые методы геоботаники, рекогносцировочные исследования, закладку и изучение пробных площадей [5]. Обследовано более 30 полностью или частично рекультивированных отвалов, а также более 10 отвалов, не подвергавшихся рекультивации.

## Результаты исследований и их обсуждение

В ходе исследования регулярно выявлялись различные непредусмотренные последствия развития рекультивационных насаждений и нерешенные проблемы. В техногенных экотопах создание высокоэффективного в плане сохранения окружающей среды растительного покрова требует очень высоких затрат. Требуется воссоздание почти всех блоков биогеоценоза по выбранной модели устойчивого биогеоценоза, скорее всего характерного для данного региона или территорий со сходными условиями. При этом часто требуется изменение рельефа нарушенных земель, реконструкция почвенных многослойных структур. Существующие способы рекультивации предусматривают единовременное проведение биологического этапа, иногда с некоторым периодом ухода и ремонта (подсадки) насаждений. В то же время развитие биогеоценоза является сложным многоступенчатым процессом, в котором высаживание саженцев закладывает лишь основу для формирования устойчивой структуры сообщества.

На многих отвалах угольных шахт созданы сплошные посадки древесных растений. Но по мере роста и развития древесных насаждений выявилось, что на рекультивированных отвалах угольных шахт после смыкания крон деревьев освещенность в приземном ярусе резко снижается и наблюдается сильное изреживание травянистой растительности, что ведет к замедлению процесса формирования почвы и возобновлению поверхностной эрозии, а в некоторых случаях и не только поверхностной. То есть в этом плане имеется несовершенство пространственной структуры рекультивационных насаждений.

С другой стороны, несовершенна и видовая структура рекультивационных насаждений: существующие насаждения древесных растений на отвалах угольных шахт представлены в основном 2 – 3 видами растений обычно при абсолютном доминировании *Robinia pseudoacacia* L., особенностью которой является позднее распускание листьев. Это сказывается и на декоративности посадок, и на их защитных свойствах. В результате предшествующих исследований сотрудниками Донецкого ботанического сада НАН Украины разработан достаточно разнообразный ассортимент древесных растений [1]. Но специфика предшествующей технологии рекультивации, когда все посадки на отвале создавали в течение 1 – 2 лет, и лишь иногда на 2 – 3 год проводили подсадку новых саженцев вместо погибших (ремонт насаждений), препятствует повышению разнообразия используемых видов растений. Во-первых, часто рекультивации подвергались недавно вышедшие из эксплуатации отвалы, на большей части поверхности которых складывались достаточно жесткие условия эдафотопы, которые могут выдержать только наиболее устойчивые растения. Во-вторых, для тушения очагов горения и предупреждения самовозгорания породы в дальнейшем проводили переформирование отвалов. При этом участки наиболее выветренной породы в силу технических причин перекрывали породой из глубины отвала, не подвергавшейся выветриванию и потому малоподходящей для роста растений. Отвалы же, не подвергавшиеся переформированию и тушению, имеют естественно сформированные углы наклона поверхности склонов, что обуславливает постоянное их обнажение эрозией или оползанием новых слоев породы с последующим окислением сернистых соединений, а, вследствие этого, подкислением породы и образованием фитотоксичных солей. В-третьих, проекты биологического этапа рекультивации в последние десятилетия прошлого века иногда составлялись в проектных институтах не биологического профиля, без привлечения авторов технологии (авторского надзора), что затрудняло квалифицированный дифференцированный подбор видов для различных эдафотопов отвалов. В-четвертых, конкретным исполнителям не всегда был доступен достаточно разнообразный посадочный материал, а массово выращивали в питомниках обычно наиболее востребованные виды, которыми и осуществляли рекультивацию. И, наконец, со временем эдафотопы рекультивированных отвалов развиваются, происходит обогащение их питательными элементами, вымывание солей и появляется возможность произрастания более прихотливых, но ценных в эстетическом и рекультивационном отношении растений, чем применявшиеся вначале.

В настоящее время также образовалась достаточно большая группа отвалов с длительным периодом после окончания эксплуатации, где рекультивацию не проводили или она проведена фрагментарно, или на части территории насаждения погибли. В результате естественной сукцессии эдафотопов, локального и глобального изменения климатической обстановки, экологические условия на таких отвалах стали более приемлемыми для произрастания растений, что отражается и в естественном поселении некоторых видов из прилегающих территорий.

На этих отвалах, а кроме того, на отвалах, рекультивированных одновидовыми насаждениями, возможно создание исходно разнообразных, а потому более устойчивых и эффективнее использующих ресурсы среды насаждений.

Проблему возобновления поверхностной эрозии под пологом древесных насаждений можно решить также формированием яруса травянистых теневыносливых растений. Еще одной важной проблемой является глубокая эрозия склонов. Особое значение эта проблема приобретает на больших конических породных отвалах или отвалах обогатительных фабрик и других производств, где производится дробление и фракционирование материала. Отвалы в результате слагаются из измельченного материала, легко поддающегося водной эрозии. Так, на отвале шахты Ганзовка (г. Макеевка) в лобовой части отвала имеются эрозионные рытвины протяженностью более 80 м с глубиной вреза в нижней части склона более 1 м и шириной до 3 м. Конусы выноса у основания рытвин выходят за линию первоначальной границы отвала более чем на 10 м. Причем эти рытвины начали особенно интенсивно увеличиваться в последние 15 лет. На более старых отвалах могут быть более сильные промоины. Обычно в течение вегетационного сезона бывает 1 – 3 достаточно сильных дождя или ливня, во время которых происходит постепенное развитие и углубление эрозионной сети на отвалах. Еще более выражены эрозионные процессы на отвалах отходов углеобогащения, например на отвалах Мушкетовской ЦОФ в центре Буденновского района г. Донецка или на отвалах складирования отсева производства щебня флюсо-доломитного комбината г. Докучаевска.

На этих отвалах сформировалась сложная поверхностная структура с «древовидной» сетью эрозионных промоин, где остатки первоначальной поверхности имеют форму более-менее высоких гребней, разделяющих эродированные участки. Соответственно для гребней характерно быстрое высыхание почвенного субстрата, а для глубоких промоин (иногда глубина более 2 м) выраженное затенение, при более высокой, чем на гребнях, но все же недостаточной влажности субстратов.

Изучая пространственную структуру формирующихся естественным образом на породных отвалах шахт фитоценозов, нами было выявлено и это согласуется с литературными данными [2, 3], что более устойчивой оказывается мозаичная пространственная структура [5, 6]. Самопроизвольно сформировавшиеся сообщества вначале закономерно сменяют друг друга на склонах отвалов вдоль направления изменения возраста отсыпки породы. В дальнейшем в силу разнообразных причин происходит фрагментация ценозов и формируется мозаичная структура, сравнительно более устойчивая вследствие наличия внутренних границ, препятствующих распространению нарушающих воздействий: эрозии, пожаров, биотических факторов и т.д. В связи с явно видимым направлением распространения основных нарушающих факторов – водной эрозии и пожаров, вертикально по склонам, возможно формирование регулярных структур – полосчатых, сетчатых, шахматных и т.п. [5, 6]. Размер элементов таких структур определяется двумя разнонаправленными факторами: с одной стороны, для хорошего состояния древесных насаждений они должны быть достаточно протяженны, чтобы проявился эффект группы, а с другой стороны, с ростом протяженности элемента ценотической мозаики экспоненциально растет степень развития нарушающих воздействий.

Можно рассмотреть проблему рекультивации отвалов и других техногенных экотопов в более широком аспекте человеческой деятельности на планете. На наиболее антропогенно трансформированных территориях уже наступил момент, когда человек должен стать основным регулирующим агентом. Особенно это выражено в техногенных экотопах. Естественные механизмы регуляции развития растительного покрова здесь разлажены, скорость восстановления экосистем незначительна, а его период затягивается на десятилетия и столетия. Восстановлению препятствует и значительная пространственная протяженность нарушений и произошедшая коренная трансформация биогеоценозов. Для сокращения площади техногенных пустынь требуется рекультивация и восстановление или регулирование как минимум эдафического и биотического компонентов биогеоценозов, а также пространственной структурированности и динамики их развития. Схематически регулирующую рекультивацию в виде воздействия человека на эти компоненты с использованием сукцессионного подхода можно выразить следующей схемой (рис. 1). Переформирование отвала является как бы заменой тому времени, которое необходимо на то, чтобы склоны приобрели устойчивые углы наклона, то есть время, пока порода

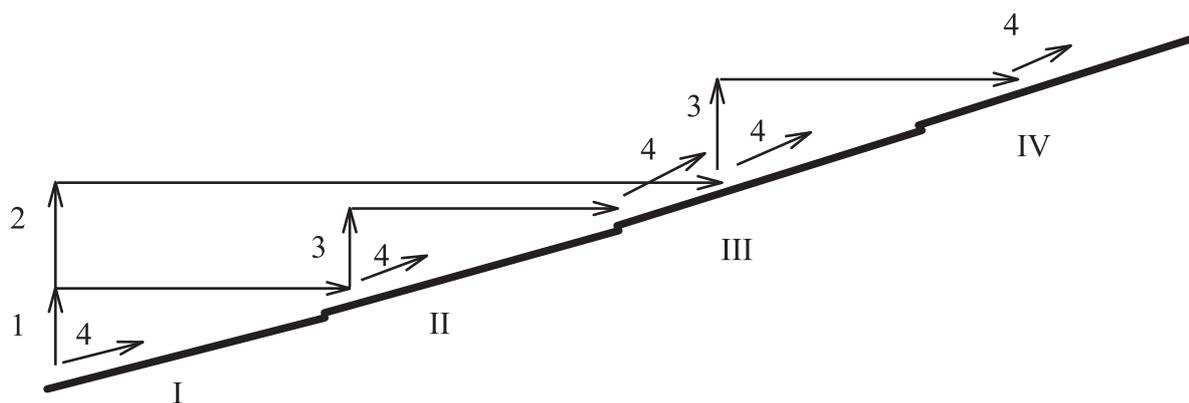


Рис. Схема рекультивационных и регулирующих антропогенных воздействий на развитие растительного покрова техногенных земель на примере породных отвалов угольных шахт: I, II, III, IV – стадии естественной сукцессии от пионерных бактериально-водорослево-сосудистых (I) через стадии бурьянистых (II) и корневищных (III) сообществ к дерновинно-злаковым и древесно-кустарниковым (IV) биогеоценозам; 1 – переформирование отвала и выполаживание склонов, 2 – формирование искусственной почвы, 3 – создание рекультивационных насаждений, 4 – регулирование пространственной и видовой структуры биогеоценозов, их динамики.

естественным путем перемещаясь вниз по склону, переведет наклон поверхности от угла зависания породы до устойчивых для данной породы в местных климатических условиях показателей. Формирование искусственных почв заменяет большой промежуток времени, необходимый на естественное формирование благоприятного эдафотопы в техногенном экотопе. Искусственная посадка растений компенсирует время на занос диаспор и смену флористического состава формирующихся ценозов до таковых, имеющих структуру с достаточным рекультивационным потенциалом. При регулируемой рекультивации своевременно подключаются и эффективно используются естественные механизмы восстановления биогеоценозов. На предложенной схеме регулирующее воздействие со стороны человека показано только как продолжение других мероприятий, но его, как и другие способы воздействия, можно применять в любой момент развития биогеоценоза в техногенном экотопе, даже выстраивая непрерывную цепь такого воздействия. Этим регулирующее воздействие отличается от других этапов рекультивации, эффективность которых в ускорении сукцессионного развития снижается по мере приближения к некоторому пороговому для этого метода уровню, и может даже отбрасывать развитие назад. Так, например, переформирование старого отвала ведет к разрушению первичных почв и ценозов в хвостовой части.

### Заключение

Таким образом, проанализированы результаты проведения рекультивационных мероприятий техногенных земель в Донбассе за длительный период и предложен подход к рекультивации, предусматривающий поэтапное регулирование развития наиболее важных в этом плане компонентов биогеоценозов (эдафического и биотического), а также пространственной структуры и динамики развития формирующихся сообществ. Это позволит с наименьшими затратами достичь максимального эффекта за счет своевременного использования естественных механизмов восстановления биогеоценозов. Регулирование процессов развития ценозов возможно как в комплексе с техническими мероприятиями, так и самостоятельно.

1. Башкатов В.Г. Рекомендации по формированию мелиоративного растительного покрова на отвалах угольных шахт Донбасса / В.Г. Башкатов, О.Н. Торохова, С.П. Жуков. – Донецк, 2002. – 35 с.
2. Бигон М. Экология. Особи, популяции и сообщества: В 2-х т.: Пер с англ. / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989. – Т.2. – 477 с.

3. *Грейг-Смит П.* Количественная экология растений: Пер. с англ. / П. Грейг-Смит. – М.: Мир, 1967. – 359 с.
4. *Жуков С.П.* Конкретизация объекта исследований промышленной ботаники с позиций системного подхода / С.П. Жуков // Промышленная ботаника. – 2001. – Вып.1. – С. 11–15.
5. *Жуков С.П.* Научные основы оптимизации процессов восстановления растительного покрова на антропогенно нарушенных территориях Донбасса / С.П. Жуков // Донбас-2020. Охорона довкілля та екологічна безпека. Збірник робіт. – Донецьк, 2001. – С. 37–39.
6. *Жуков С.П.* Регулирование развития фитосистем в техногенных экотопах на региональном уровне / С.П. Жуков // Геоэкологические и биоэкологические проблемы северного Причерноморья: мат. междунар. научно-практической конференции. – Тирасполь, 28–30 марта 2001 г. – Тирасполь: РИО ПГУ – ЭКОДНЕСТР. – С. 99–101.
7. *Жуков С.П.* Флорокомплексы распространенных техногенных экотопов Донбасса / С.П. Жуков // Відновлення порушених природних екосистем: матер. III міжнар. наук. конф. (м. Донецьк, 7–9 жовтня 2008 р.) – Донецьк, 2008. – С. 199–202.
8. *Жуков С.П.* Изменение структуры фитоценозов шахтного отвала за 10 лет / С.П. Жуков // Відновлення порушених природних екосистем: матер. III міжнар. наук. конф. (м. Донецьк, 7–9 жовтня 2008 р.) – Донецьк, 2008. – С. 202–205.

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Получено 15.02.2010

УДК 581.524

РЕГУЛИРУЕМАЯ РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ПРОМИШЛЕННО НАРУШЕНИХ ТЕРИТОРІЙ  
С.П. Жуков

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Проанализированы результаты проведения рекультивационных мероприятий в техногенных экотопах Донбасса и предложен способ рекультивации, предусматривающий поэтапное регулирование развития наиболее важных компонентов биогеоценозов (эдафического и биотического), а также пространственной структуры и динамики развития формирующихся сообществ. При этом своевременно подключаются и эффективно используются естественные механизмы восстановления биогеоценозов. Регулирование сукцессионных процессов возможно как в комплексе с техническими мероприятиями, так и самостоятельно.

UDC 581.524

REGULATED RECULTIVATION OF INDUSTRIALLY DAMAGED TERRITORIES  
S.P. Zhukov

Donetsk Botanical Garden, the National Academy of Sciences of Ukraine

The results of the recultivational activities in the anthropogenic ecotopes of Donbass have been analyzed, the mechanism of recultivation has been offered, provided to regulate the development of the main components of biogeocenosis: edaphic, biotic, spatial pattern and dynamic development of emerging communities. Besides, the mechanisms of biogeocenosis recovery have been effectively used. It is possible to regulate succession processes, both individually and together with technical measures.