


УДК 504.622.33 (571.17) © А.И. Копытов^{1,2}, С.В. Новоселов ³,
А.Н. Куприянов⁴, О.А. Куприянов⁵, 2024


¹ КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, Россия


² Сибирское отделение Академии горных наук,
650000, г. Кемерово, Россия

³ Международная академия наук экологии и безопасности
жизнедеятельности, 650002, г. Кемерово, Россия

⁴ «Кузбасский ботанический сад» ФИЦ УУХ СО РАН,
650065, г. Кемерово, Россия

⁵ Федеральный исследовательский центр информационных
и вычислительных технологий, 650025, г. Кемерово, Россия

 e-mail: nowosyolow.sergej@yandex.ru

UDC 504.622.33 (571.17) © A.I. Kopytov^{1,2}, S.V. Novoselov ³,
A.N. Kupriyanov⁴, O.A. Kupriyanov⁵, 2024


¹ T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU),
Kemerovo, 650000, Russian Federation

² Siberian Branch of the Academy of Mining Sciences,
Kemerovo, 650000, Russian Federation

³ International Academy of Sciences of Ecology and Life Safety,
Kemerovo, 650002, Russian Federation

⁴ "Kuzbass Botanical Garden" Federal Research Center of UUH SB RAS,
Kemerovo, 650065, Russian Federation

⁵ Federal Research Center for Information and Computational
Technologies, Kemerovo, 650065, Russian Federation

 e-mail: nowosyolow.sergej@yandex.ru

Тенденции развития угольной промышленности Кузбасса и перспективы восстановления природных экосистем в аспекте энергетического перехода до 2050 г.

Trends in the development of the Kuzbass coal industry and prospects
for the restoration of natural ecosystems
in the aspect of energy transition until 2050

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-3-87-93>

Аннотация

В статье раскрыта проблема энергетического перехода в Кузбассе в условиях декарбонизации экономики и глобального потепления климата. Отмечено, что в настоящее время уголь будет иметь в топливно-энергетическом балансе как в мире, так и в России существенную долю, поэтому проблема минимизации антропогенного и техногенного воздействия на экологические системы и экологическое состояние региона при его добыче и сжигании остается актуальной. В условиях экологического кризиса и глобального потепления климата в Кузбассе как территории опережающего развития необходимо поэтапное внедрение экологической концепции, которая предусматривает внедрение новых инновационных технологий восстановления нарушенных земель и сохранения биологического разнообразия, использования отвалов для усиленного депонирования углекислого газа путем посадки сосны обыкновенной. Решение данной экологической проблемы возможно только при системном подходе и эффективном взаимодействии всех уровней социума:

КОПЫТОВ А.И.

Доктор техн. наук, профессор
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,
руководитель Сибирского отделения
Академии горных наук,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: spssh@kuzstu.ru

НОВОСЕЛОВ С.В.

Канд. экон. наук, доцент,
академик Международной
академии наук экологии
и безопасности жизнедеятельности,
650002, г. Кемерово, Россия,
e-mail: nowosyolow.sergej@yandex.ru

КУПРИЯНОВ А.Н.

Доктор биол. наук, профессор,
заведующий отделом
«Кузбасский ботанический сад»
ФИЦ УУХ СО РАН,
650065, г. Кемерово, Россия,
e-mail: kupr-42@yandex.ru

КУПРИЯНОВ О.А.

Канд. биол. наук,
научный сотрудник
Лаборатории моделирования
геоэкологических систем
(совместно с ИВЭП СО РАН)
Федерального
исследовательского центра
Информационных
и вычислительных технологий,
650025, г. Кемерово, Россия,
e-mail: kuproa@gmail.com

власть-бизнес-наука-население в процессе реализации стратегических приоритетов развития региона, в том числе предложенной экологической концепции Кузбасса.

Ключевые слова: Кузбасс, развитие угольной отрасли, природная экосистема, рекультивация, новые технологии, экологическая концепция.

Для цитирования: Тенденции развития угольной промышленности Кузбасса и перспективы восстановления природных экосистем в аспекте энергетического перехода до 2050 г. / А.И. Копытов, С.В. Новоселов, А.Н. Куприянов и др. // Уголь. 2024;(3):87-93. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-3-87-93.

Abstract

The article reveals the problem of the energy transition in Kuzbass in the conditions of decarbonization of the economy and global climate warming. It is proved that currently coal will have a significant share in the fuel and energy balance both in the world and in Russia, therefore, the problem of minimizing its anthropogenic and man-made impact on ecological systems and the ecological state of the region during coal mining remains relevant. In the conditions of the ecological crisis and global warming of the climate in Kuzbass as a territory of advanced development, it is necessary to gradually introduce an ecological concept that provides for the introduction of new innovative technologies for restoring disturbed lands and preserving biological diversity, using dumps for enhanced carbon dioxide deposition, by planting scots pine. The solution of this environmental problem is possible only with a systematic approach and effective interaction of all levels of society: government-business-science-population in the implementation of strategic priorities for the development of the region, including the proposed ecological concept of Kuzbass.

Keywords

Kuzbass, development of the coal industry, natural ecosystem reclamation, new technologies, ecological concept.

For citation

Kopytov A.I., Novoselov S.V., Kupriyanov A.N., Kupriyanov O.A. Trends in the development of the Kuzbass coal industry and prospects for the restoration of natural ecosystems in the aspect of energy transition until 2050. *Ugol'*. 2024;(3):87-93. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-3-87-93.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире экологические проблемы приобретают глобальный характер, и человечество воочию ощущает на себе неуправляемые процессы в виде экологических кризисов, катастроф и локальных экологических коллапсов. Для Кузбасса в условиях энергетического перехода стратегически важно иметь угольную промышленность, которая бы сокращала антропогенное воздействие на окружающую среду и внедряла новые технологии восстановления природных экосистем, нарушенных угольной промышленностью. В настоящее время в России, в соответствии с Указом Президента РФ от 04.11.2020 № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов» [1], определен национальный вклад в реализацию Парижского соглашения [2], согласно которому, Россия должна обеспечить к 2030 г. сокращение выбросов парниковых газов на 70% (относительно уровня 1990 г.) с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем. Правительством РФ утверждена Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. [3].

В Кузбассе стратегические приоритеты определены губернатором Кемеровской области С.Е. Цивилевым, в контуре «Стратегической диверсификации экономики Кузбасса» [4], где для угольной промышленности обозначено: «Приоритет 1. Полезные ископаемые – основа развития приоритетных отраслей промышленности Кузбасса. Приоритет 2. Стратегические преобразования угольно-промышленного комплекса Кузбасса», что предполагает инновационные технологические прорывы в производстве экологически чистой энергии и продукции из угля как основного условия энергетического перехода. Целью региональной политики является реализация задачи «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс». В этой связи модернизация угольной отрасли должна сопровождаться модернизацией технологий рекультивации и восстановления природных экосистем на отвалах.

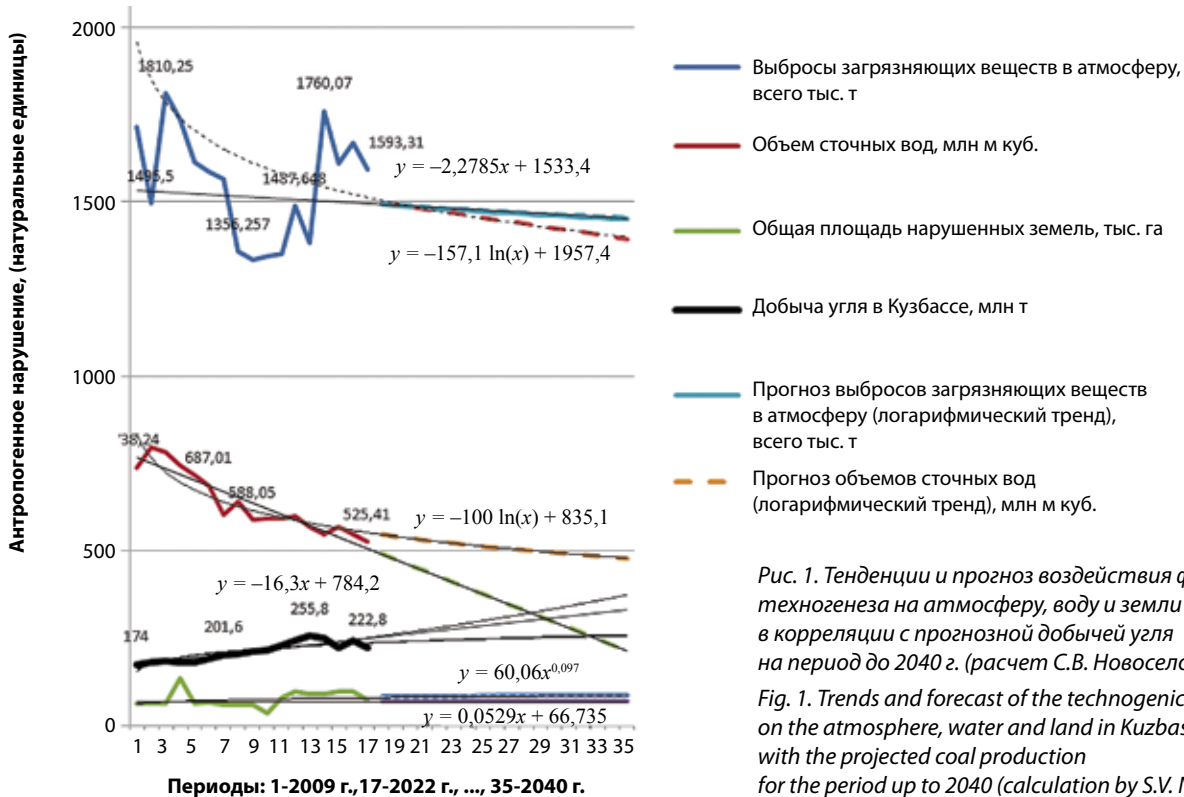


Рис. 1. Тенденции и прогноз воздействия факторов техногенеза на атмосферу, воду и землю в Кузбассе в корреляции с прогнозной добычей угля на период до 2040 г. (расчет С.В. Новоселова)

Fig. 1. Trends and forecast of the technogenic impact factors on the atmosphere, water and land in Kuzbass in correlation with the projected coal production for the period up to 2040 (calculation by S.V. Novoselov)

В настоящее время добыча угля в мировом топливно-энергетическом балансе (ТЭБ) определяется в диапазоне 25-26% [5, 6]. За период 2002–2012 гг. рост добычи угля в мире увеличился с 5043,99 до 8075,13 млн т, а в 2022 г. суммарное мировое производство угля составило 8803,4 млн т в год [7], что говорит о росте добычи угля в мире за 20 лет на 74,5%. Даже если будет тенденция спада, на современном этапе энергоперехода, как минимум до 2040 г., уголь в мировом ТЭБ будет иметь как минимум четверть всего энергопотребления, а Кузбасс – оставаться ведущим угледобывающим регионом России. Поэтому для решения «климатической повестки» необходимо внедрять инновационные технологии восстановления нарушенных земель, сохранения биоразнообразия, использования отвалов в качестве карбоновых ферм.

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ
УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КУЗБАССА
И ПРОГНОЗ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА ЭКОЛОГИЮ РЕГИОНА В АСПЕКТЕ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА ДО 2050 г.**

Для минимизации антропогенного воздействия добычи угля в Кузбассе предложен ряд концепций по использованию новых экотехнологий и новых стратегических направлений развития угольной отрасли [8, 9]. Использование данных направлений позволит обеспечить поэтапное снижение антропогенного воздействия угольной промышленности Кузбасса в условиях требований глобального энергетического перехода до 2050 г.

Динамика фактического техногенного воздействия и прогноз основных факторов техногенеза в Кузбассе, в корреляции с добычей угля на период до 2040 г., представлены на рис. 1.

Как следует из рис. 1, добыча угля в Кузбассе будет оставаться на высоком уровне. Тренды выброса загрязняющих веществ в атмосферу и объемы сточных вод будут уменьшаться за счет модернизации производств, более качественного учета и контроля.

Рост добычи угля в Кузбассе приводит к увеличению площади отвалов: по данным Л.П. Баранника, в 1974 г. их площадь составляла около 40 тыс. га, сейчас, по экспертным оценкам, – 130-150 тыс. га. [10].

Учитывая высокие темпы добычи угля и низкие темпы биологической рекультивации отвалов на конец энергоперехода до 2050 г., мы можем получить диапазон изъятия природных земель 400-500 тыс. га, или 4,2-5,2 % территории Кузбасса (рис. 2).

С целью сокращения экологического ущерба в условиях роста объемов добычи угля открытым способом по опыту 2018 г., когда было добыто впервые за всю историю угольной отрасли Кузбасса 255,3 млн т, из них почти 60% на разрезах, а выбросы загрязняющих веществ были в пределах установленных нормативов [11], необходимо продолжить работы по повышению эффективности рекультивации и внедрению новых экологических научных разработок в практику.

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ОТВАЛАХ**

Основным приемом восстановления природных систем является рекультивация нарушенных земель. Это система технологических и биологических мероприятий, позволяющая сформировать на месте нарушенных земель участок территории с заданными параметрами почвенно-экологической и хозяйственной эффективности. Рекультивация – восстановление нарушенной хозяй-

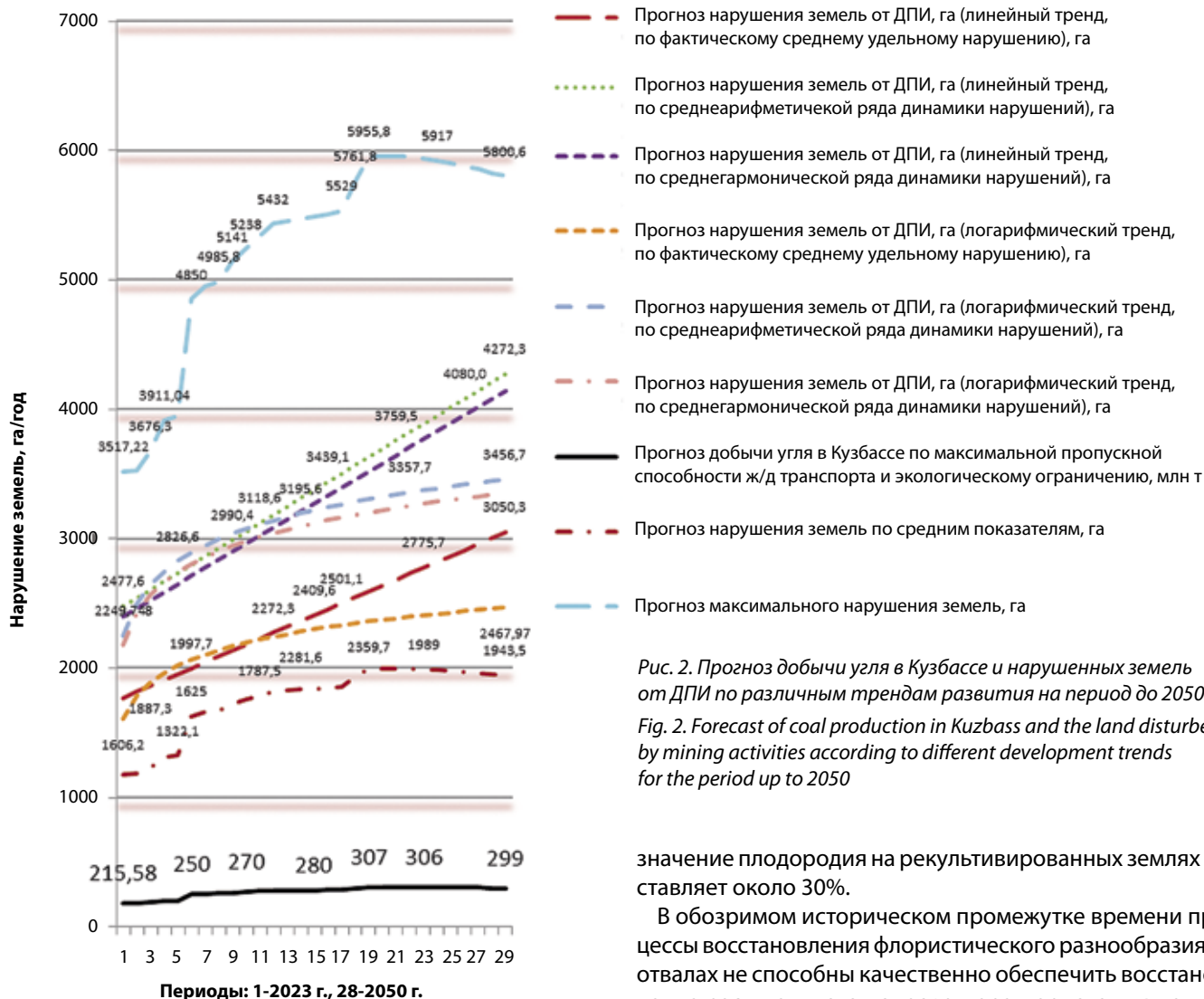


Рис. 2. Прогноз добычи угля в Кузбассе и нарушенных земель от ДПИ по различным трендам развития на период до 2050 г.
 Fig. 2. Forecast of coal production in Kuzbass and the land disturbed by mining activities according to different development trends for the period up to 2050

ственной деятельностью человека территории с использованием специальных технологий, включающих восстановление почв, растительности и ландшафта. Рекультивация имеет два этапа. Техническая рекультивация – этап рекультивации земель, включающий их подготовку для последующего целевого использования в народном хозяйстве. К ней относятся планировка, формирование откосов, снятие, транспортирование, нанесение почв плодородных пород, при необходимости коренная мелиорация, строительство дорог, специальных гидротехнических сооружений и т.д. Биологическая рекультивация включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению плодородия нарушенных земель. Основные требования к рекультивации земель утверждены в ГОСТах, разработанных в 1983-1988 гг. (ГОСТ 17.4.2.02-83; ГОСТ 17.4.3.02-85; ГОСТ 17.5.1.03-86; ГОСТ 17.5.3.05-84; ГОСТ 17.5.3.06-85; ГОСТ 27593-88).

Прошло более пятидесяти лет применения рекультивации нарушенных земель. Исследованиями почвоведов было установлено, что полностью восстановить утраченные функции почвы в исторически обозримый период невозможно. Максимальный результат, полученный на экспериментальных площадках, составляет 90%, а среднее

значение плодородия на рекультивированных землях составляет около 30%.

В обозримом историческом промежутке времени процессы восстановления флористического разнообразия на отвалах не способны качественно обеспечить восстановление растительного покрова, характерного для данной ботанико-географической зоны.

Нормы посадки сосны на отвалах оказались значительно завышены от биологических потребностей и приводят к созданию мертвопокровных сосняков, и требуется изменение подхода к лесной рекультивации.

Принятые 30-40 лет назад ГОСТы являются тем «прокрустовым ложем», которое мешает внедрению новых технологий, а проекты по рекультивации разрабатываются в полном соответствии с устаревшими нормативными документами.

В 1992 г. в Рио-де-Жанейро была обсуждена повестка на XXI век, и в основу положен тезис об устойчивом развитии, когда поступательное развитие человечества будет основано на бережном (осторожном) природопользовании. Там же было признано, что основой стабильности окружающей среды, а следовательно, возможности жизни человечества на планете является сохранение биологического разнообразия. Биологическое разнообразие является главным природным ресурсом планеты для поступательного эволюционного развития человеческой цивилизации. Это основная непреходящая ценность, которая имеет экономическое, экологическое и социальное значение [12, 13]. Нарушенные территории, в том числе отвалы горных пород угольных компаний, следует рассматри-



Рис. 3. Методические рекомендации по восстановлению растительного покрова на отвалах
 Fig. 3. Methodological recommendations on revegetation of dump sites

вать как объекты для восстановления природных экосистем с присущим уровнем биологического разнообразия.

На смену прагматическим технологиям восстановления плодородия нарушенных земель приходят природоподобные технологии, направленные на восстановление экологических функций и восстановление высокого уровня биологического разнообразия на отвалах, внедрение экологического подхода при недропользовании.

Авторским коллективом в составе доктора биол. наук Ю.А. Манакова, канд. биол. наук В.И. Уфимцева, канд. биол. наук О.М. Лющиной и канд. биол. наук О.А. Куприянова под руководством директора Кузбасского ботанического сада ФИЦ УХХ СО РАН, зав. отделом экологии растительных ресурсов Института экологии человека СО РАН, доктора биол. наук, профессора А.Н. Куприянова ведутся работы по разработке новых природоподобных технологий реставрации лесных экосистем на отвалах угольной промышленности, рекультивации нарушенных земель с использованием жизнеспособного плодородного слоя почвы. В результате опытных работ и при поддержке филиала «Кедровский угольный разрез» АО «УК «Кузбассразрезуголь» и ООО «Шахтоуправление «Майское» АО ХК «СДС-Уголь» разработаны методические рекомендации по восстановлению растительного покрова и созданию природоподобных экосистем на отвалах угольной промышленности Кузбасса (рис. 3).

РЕСТАВРАЦИЯ ЛУГОВО-СТЕПНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОТВАЛАХ

Ботаники, изучающие естественное зарастание отвалов, утверждают, что формирование природных растительных сообществ в обозримый период не произойдет. Но можно

этот срок сократить. Технология реставрации растительности на отвалах осуществляется в два этапа. На первом заготавливается травяно-семенная смесь путем скашивания на маточных участках надземной массы растений в начале лета (чтобы попали семена раннецветущих растений) и в конце лета (чтобы попали семена позднелетних растений). Травяно-семенная смесь измельчается и наносится поздней осенью на отвал. Исследования, которые продолжаются с 2014 г., показали, что применение этой технологии формирует лугово-степные сообщества, насчитывающие 30–40 видов природной флоры. Эта технология стимулирует формирование природоподобных растительных сообществ. Производственные опыты произведены на площади 3 га на отвалах Виноградовского угольного разреза Кузбасской топливной компании (см. рис. 3).

РЕКОНСТРУКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ОТВАЛОВ

Другой чрезвычайно важной проблемой является сохранение плодородного слоя почвы при открытых горных работах. В настоящее время предприятия работают в соответствии с ГОСТ 17.5.3.06-85 «Охрана природы. Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ». Поэтому весь плодородный слой буртуется и хранится в течение десятилетий. Оказалось, что при длительном хранении почвы в буртах изменяются физические и химические свойства почв, теряется агрегация, разрушаются гуминовые комплексы, происходит биологическое загрязнение, а все семязачатки растений и фауна погибают. Фактически плодородный слой превращается в потенциально плодородный почво-грунт только с более худшими физико-химическими свойствами. Рекультивация с нанесением на отвал почвы из буртов хранения малоэффективна и не ведет к формированию высокопродуктивных искусственно созданных или естественных сообществ. Нанесенные почвы подвергаются ветровой и водной эрозии, и часто усилия его нанесения ни к чему не приводят.

Технология реконструкции заключается в том, что снимается плодородный слой почвы со всеми корневищами, семенами, живыми растениями с тех участков, которые

неизбежно будут уничтожены в процессе формирования разреза и минуя стадию образования буртов, наносится на ранее сформированные отвалы. На пятый год количество видов в составе природоподобных сообществ достигает 37-47 видов, что практически не уступает по численности количеству видов на естественных суходольных лагах. По количественным показателям природоподобные сообщества при реконструкции растительного покрова на отвалах практически не отстают от показателей контроля – лилейникового луга. По количеству видов и плотности природоподобные сообщества соответствуют нижнему пределу луговых сообществ Кузбасса.

Нанесение плодородного слоя почвы, минуя стадию хранения его в буртах, как требует современное законодательство, позволяет ускорить процессы сингенеза и миновать стадию формирования пионерного и группово-зарослевого сообщества растительности на отвалах, способствует созданию природоподобного сообщества и восстановлению флористического разнообразия.

СОЗДАНИЕ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ НА ОТВАЛАХ

Для формирования на отвалах вскрышных пород угольной промышленности природоподобных лесных экосистем, максимально приближенных по своим свойствам к естественным, разработана технология создания многоярусных лесных сообществ из лесных древесных видов. Эта технология предусматривает создание многоярусных лесных насаждений с учетом комплиментарного сочетания растительных видов, содействия их самовозобновлению, а также формирования живого напочвенного покрова, накопления органического вещества и активизации биохимического разложения техногенных субстратов. Технология предусматривает применение посадочного материала с закрытой корневой системой и инновационных приемов регулирования водного режима и режима питания, способствующих ускоренному формированию растительного сообщества.

ОТВАЛЫ – УГЛЕРОДНЫЕ ФЕРМЫ

Новым вызовом для человечества является глобальное потепление. Температура планеты за последнее десятилетие повысилась более чем на 1°C по сравнению с последним десятилетием XX века [14].

Большинство исследователей довольно резко повышение температуры связывают с увеличением углекислого газа в атмосфере за счет хозяйственной деятельности человека и прежде всего за счет сжигания угля и других видов топлива. Разрушение природных экосистем и выбросы CO₂ в атмосферу ускоряют процессы глобального потепления, которые могут привести к необратимым и, возможно, катастрофическим последствиям для человечества.

И вот здесь возникают возможности увеличить депонирование углекислого газа насаждениями сосны обыкновенной на отвалах. Сосна является рекордсменом по скорости роста и устойчивости при выращивании на отвалах. Молодые насаждения сосны способны накапливать углерод до 4 т/га в пересчете на углерод. Деревья сосны продолжают наращивать биомассу и в стадии приспеваю-

щих древостоев – в возрасте 60 лет. Затем интенсивность накопления фитомассы снижается.

При этом неизбежной эмиссии углекислого газа в атмосферу из субстрата горных пород (почвоведы называют его эмбриоземом) не происходит. Отвалы с насаждениями сосны становятся углеродными фермами, на многие десятилетия обеспечивая депонирование углерода. Меняя плотность посадки сосны, можно регулировать темпы накопления углерода в древостое [15].

ЭКОНОМИКА И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОЗДОРОВЛЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КУЗБАССА

Рассмотрим в первом приближении стоимость развития возможных сценариев восстановления нарушенных земель, учитывая, что стоимость работ по рекультивации нарушенных земель угольной промышленностью в среднем составляет около 250 тыс. руб./га. Условимся, что цены и курсы валют будут стабильны (хотя до 2050 г. делать такой прогноз на валютном рынке весьма смело), однако будем исходить из гипотезы, что падение/рост курсов в долгосрочном периоде компенсируют друг друга. Тогда при прогнозной добыче 300 млн т угля в 2050 г. и минимальной цене на мировом рынке 100 дол. США за 1 т угля и курсе 90 рублей за 1 дол. США, т.е. валовая прибыль составит 2,7 трлн руб. На рекультивацию 152,651 тыс. га земли потребуется 38,16 млрд руб., т.е. 1,41% от валовой прибыли, следовательно, в любом случае, в финансовом плане рекультивация обеспечивается и при любых налогах (при росте или падении курса валют цены меняются пропорционально). Стоимость одной тонны поглощенного углекислого газа на Чикагской углеродной бирже составляет от 5 до 15 дол. США. Таким образом, гектар соснового леса на отвалах будет давать от 20 до 60 дол. США.

Исходя из вышеприведенного анализа, можем утверждать, что оптимизация соотношения подземной и открытой добычи угля автоматически приводит к оптимизации структуры земель Кузбасса, а это приоритет в условиях глобального энергетического перехода. Кроме того, надо учитывать, что антропогенное воздействие увеличивается не только от добывающих отраслей, но и других секторов экономики, т.е. нужны оптимальная структура экономики и гармонизация процессов экономического развития с процессами восстановления экологии региона, что может обеспечить только оптимизация структуры ТЭБ региона, и конечно же, снижение энергоемкости регионально-го валового продукта и повышение энергоэффективности процессов производства и потребления энергоресурсов.

Для решения проблемы оздоровления состояния окружающей среды предлагаются основные принципы экологической концепции Кузбасса:

- введение системы квотирования выбросов;
- внедрение природоподобных технологий восстановления биологического разнообразия на отвалах;
- обязательное участие угольных компаний в работах по лесовосстановлению и озеленению городов и поселков Кузбасса;
- финансовая поддержка инициативных научно-исследовательских коллективов, имеющих обоснованные проекты в области экологических проблем и разработавших

эффективные технологии по рекультивации нарушенных земель при открытых горных работах;

– согласование новой стратегии развития угольной отрасли Кузбасса и предлагаемой экологической концепции Кузбасса на основе системного решения экологических проблем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях экологического кризиса и глобального потепления климата в Кузбассе как территории опережающего развития необходимо поэтапное внедрение экологической концепции, которая предусматривает внедрение инновационных технологий восстановления нарушенных земель и сохранения биологического разнообразия, использования отвалов для усиленного депонирования углекислого газа путем посадки сосны обыкновенной. Решение данной экологической проблемы возможно только при системном подходе и эффективном взаимодействии всех уровней социума: власть-бизнес-наука-население при реализации стратегических приоритетов развития региона, в том числе предложенной экологической концепции Кузбасса.

Список литературы • References

1. Указ Президента РФ от 04.11.2020 № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45990> (дата обращения: 15.02.2024).
2. Paris Agreement (All language versions) (as contained in the report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, FCCC/CP/2015/10/Add.1) URL: <https://unfccc.int/process/conferences/pastconferences/paris-climate-change-conference-november-2015/paris-agreement> (accessed 15.02.2024).
3. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р. Председатель Правительства Российской Федерации М. Мишустин. URL: <https://docs.cntd.ru/document/726639341> (дата обращения: 15.02.2024).
4. Цивилев С.Е. Кузбасс 2035: национальные интересы и стратегические приоритеты развития региона // Экономика в промышленности. 2020. Т. 13. № 3. С. 281-289. DOI: 10.17073/2072-1633-2020-3-281-289. Tsivilev S.E. Kuzbass 2035: national interests and strategic priorities for the development of the region. *Economika v promyshlennosti*. 2020;13(3):281-289. DOI: 10.17073/2072-1633-2020-3-281-289.
5. Spencer Dale. 2022/71st edition bp Statistical Review of World Energy. Energy Institute. 2023. 57 p. [Электронный ресурс]. URL: <https://docviewer.yandex.ru/?tm=1693466020&tld=ru&lang=en&name=bp-stats-review-2022-full-report.pdf> (дата обращения: 15.02.2024).
6. Juliet Davenport, Nick Wayth. 2023/72nd edition / Statistical Review of World Energy. Energy Institute. 2023. 60 p. [Электронный ресурс]. URL: https://docviewer.yandex.ru/?tm=1693464002&tld=ru&lang=en&name=Statistical_Review_of_World_Energy_2023.pdf (дата обращения: 15.02.2024).
7. Bob Dudley. BP Statistical Review of World Energy. June 2013. URL: bp.com/statisticalreview. Сайт: <https://docviewer.yandex.ru/?tm=1694397795&tld=ru&lang=en&name=bpworld2013.pdf> (дата обращения: 15.02.2024).
8. Копытов А.И., Куприянов А.Н. Новая стратегия развития угольной отрасли Кузбасса и решение экологических проблем // Уголь. 2019. № 11. С. 89-93. Kopytov A.I., Kupriyanov A.N. A new strategy for the development of the coal industry of Kuzbass and solving environmental problems. *Ugol'*. 2019;(11):89-93. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-11-89-93.
9. Добыча угля в Кузбассе и новые экотехнологии / А.И. Копытов, О.А. Куприянов, Ю.А. Манаков и др. // ЭКО. 2021. № 6. С.67-76. Kopytov A.I., Kupriyanov O.A., Manakov Yu.A., Kupriyanov A.N. Coal mining in Kuzbass and new environmental technologies. *ECO*. 2021;(6):67-76.
10. Баранник Л.П., Трофимов С.С. Опыт лесной рекультивации земель, нарушенных при открытой и подземной добыче угля. Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск, 1969. С. 2-7.
11. Новоселов С.В., Ремезов А.В. Проблема определения условно-оптимальных объемов добычи для производственной единицы (шахты, разрезы) с учетом экологических ограничений в условиях Кузбасса // Уголь. 2023. № 3. С. 104-108. Novoselov S.V., Remezov A.V. The problem of determining the conditionally optimum volume of production for a production unit (mine, open pit) taking into account environmental limitations in the conditions of Kuzbass. *Ugol'*. 2023;(3):104-108. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-3-104-108.
12. Convention on Biological Diversity. Rio de Janeiro, 5 June 1992.
13. Global Strategy for Plant Conservation: 2011-2020 Botanic Gardens Conservation International, Richmond, UK.
14. Wallas-Wells D. The Uninhabitable Earth: Life after Warming. New York, USA, Tim Duggan Books, 2019, 320 p.
15. Уфимцев В.И., Куприянов А.Н. Карбоновые фермы – отвалы угольных предприятий Кузбасса // Уголь. 2021. № 11. С. 56-60. Ufimtsev V.I., Kupriyanov A.N. Carbon farms – dumps of coal enterprises of Kuzbass. *Ugol'*. 2021;(11):56-60. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-11-56-60.

Authors Information

Kopytov A.I. – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Head of the Siberian Branch of the Academy of Mining Sciences, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: kai.spssh@kuzstu.ru

Novoselov S.V. – PhD (Economic), Associate Professor, Academician of the International Academy of Sciences of Ecology and Life Safety, Kemerovo, 650002, Russian Federation, e-mail: nowosyolow.sergej@yandex.ru

Kupriyanov A.N. – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department “Kuzbass Botanical Garden” Federal Research Center of UUH SB RAS, Kemerovo, 650065, Russian Federation, e-mail: kupr-42@yandex.ru

Kupriyanov O.A. – PhD (Biological), Researcher, Laboratory for Modeling of Geo-Ecological Systems (with the IWEP SB RAS), Federal Research Center for Information and Computational Technologies, Kemerovo, 650065, Russian Federation, e-mail: kuproa@gmail.com

Информация о статье

Поступила в редакцию: 10.11.2023

Поступила после рецензирования: 15.02.2024

Принята к публикации: 26.02.2024

Paper info

Received November 10, 2023

Reviewed February 15, 2024

Accepted February 26, 2024