

# СОКРАЩЕНИЕ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПУТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ЗЕМЛЯХ, ИЗМЕНЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

*А.Г. Шапарь, О.А. Скрипник*

*Институт проблем природопользования и экологии  
Национальной академии наук Украины, г. Днепропетровск, Украина*

Формирование вторичных почв и растительности на нарушенных горными работами землях, сокращение площади водохранилищ и воссоздание растительности долины Днепра, восстановление продуктивности деградированных земель (эродированных, засоленных, песчаных) способны депонировать углерод выбросов промышленности Украины и снизить глобальный парниковый эффект.

Антропогенез сопровождается не только непосредственными выбросами парниковых газов в атмосферу, но и изменением земель, экосистемы которых теряют способность поддерживать стабильность биосферы. Таким образом, опустынивание земель, которое само по себе представляет глобальную экологическую проблему, усиливает последствия изменения климата. Возвращение нарушенных земель в состояние природного функционирования вторичных экосистем создает возможность запуска биологических механизмов саморегуляции биосферы, в том числе, стабилизации содержания парниковых газов и температуры. Растения поглощают углекислый газ без дополнительных затрат энергии и материальных ресурсов, создания отходов производства, загрязнения окружающей среды в автоматическом режиме. Разработка методов, технологий, технологических приемов формирования вторичных экосистем в режиме природного функционирования и оценка их возможностей противодействия изменениям климата представляет актуальную научную задачу.

**Формирование вторичных экосистем, нарушенных горными работами земель как низко-углеродная технология.** Проведение горных работ сопровождается образованием нарушенных земель с полным уничтожением природных экосистем: изменением строения поверхности, выходом на поверхность безжизненных горных пород. Нарушенные земли служат источником загрязнения окружающей среды и требуют технологической реабилитации. Осуществление технологического воздействия на геосистему в большинстве случаев связано с добавлением вещества или энергии с изменением состояния геосистемы нарушенных земель. Управление технологической деятельностью создает возможность формирования целевого типа экосистем необходимого для устойчивого развития данной территории, в том числе, и направленного на депонирование углерода, сокращение эмиссии CO<sub>2</sub>, метана.

Многовековой опыт развития горнодобывающей промышленности позволил разработать большое количество методов воздействия на нарушенные земли. По результатам формальной оценки их можно разделить по следующим признакам: направление, механизмы управления, технологические особенности и энергетическая основа.

На первом этапе выделяются 3 комплекса методов по их направлениям: формирование вторичных экосистем, рекультивация и мелиорация.

Комплекс формирования вторичных экосистем объединяет методы технологического воздействия на природные процессы. Целью этих методов является создание природных экосистем, которые в наибольшей степени соответствуют условиям, которые возникли на нарушенных горными работами землях. Двигателем процессов является природная способность экосистем к самовосстановлению. Она присуща всем экосистемам, имеющим биотическую составляющую[1]. Отказ от осуществления масштабного вмешательства, необходимость уменьшения техногенного воздействия, увеличения естественной составляющей методов восстановления требуют разработки формирования вторичных экосистем на основе природного функционирования. Они базируются на новых подходах и

ориентированных на экологические результаты воздействиях. В процессе взаимодействия с биотой породы превращаются в почвообразующие, дают питательные элементы для растений, микроорганизмов и животных. Формирование вторичных почв ведет к депонированию элементов, в том числе, углерода, агрегированию гранулометрических элементов, накоплению влаги и органического вещества, поглощению пыли и газов, что способствует уменьшению экологических рисков.

Рекультивация по определению представляет собой комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности нарушенных земель. Рекультивация предусматривает, прежде всего, создание почвоподобных слоистых образований [2,3,4]. Традиционно она подразделяется на 2 этапа: горно-технический и биологический. Предпочтение отдается искусственным методам - планировка, землевание, создание искусственного профиля почв. Целью рекультивации является уменьшение разнообразия ландшафтов и использования земель в искусственных агроценозах или лесных насаждениях с ограниченным биологическим разнообразием. Энергетическая основа рекультивации обеспечивается за счет работы машин и механизмов. Комплекс рекультивации, ставший уже традиционным, требует больших энергетических затрат, сопровождается выделением отходов, в том числе, и парниковых газов. На отдельных стадиях рекультивации наблюдаются деградационные явления (водная и ветровая эрозия почв, гибель растений и т.д.).

Для осуществления мелиорации необходимы дополнительные затраты энергии на добычу мелиорирующих веществ и внесения их в геосистемы. Мелиоративные работы часто оставляют после себя засоленные и солонцеватые почвы, пересушенные торфяники, подтопленные земли. Мелиорация может существенно влиять на режим грунтовых и поверхностных вод, нарушать экологический баланс.

Таблица 1. - Энергоемкость и отходность по направлениям реабилитации экосистем

Направление	Энергоемкость, ГДж/га	Отходность, т/га	Выбросы CO <sub>2</sub> , т/га
Сельскохозяйственная рекультивация	470,6	8,063	47
Лесохозяйственная рекультивация	303,0	5,108	30
Рекреационная рекультивация	157,9	2,176	16
Формирование вторичных экосистем	34,2	0,390	3

Формирование растительных группировок ведет к накоплению биомассы, которая способна поглощать токсичные вещества, пыль, парниковые газы, росту вторичного биоразнообразия, защите поверхности от воздействия ветра и поверхностного стока, что также способствует уменьшению экологического ущерба. Формирование вторичных экосистем вызывает значительно меньшее влияние на окружающую среду, чем затратные технологии рекультивации (Таблица 1). По нашим оценкам, применение инновационных технологий способствует сокращению выбросов CO<sub>2</sub> на 47 т/га.

Технология активизации формирования вторичных почв позволяет проводить утилизацию органических отходов коммунального, лесного, сельского хозяйства перерабатывающей промышленности. Внесение осадков сточных вод на поверхность нарушенных земель вовлекает в процесс экосистемообразования до 100 т/га органических отходов. При общих запасах осадков сточных вод на предприятиях КП «Кривбассводоканал» в 150 тыс. т, применение технологии позволяет избежать эмиссии 550 000 т CO<sub>2</sub> при их традиционном сжигании.

Вторичные почвы в процессе своего развития депонируют углерод в составе органического вещества. Исследование процесса накопления органического вещества

свидетельствует о том, что запасы гумуса в техноземах вторичных экосистем составляют 10-18 т/га, что позволяет обеспечить депонирование 6 -11 т/га углерода (Таблица 2) за период развития в 30-50 лет. Развитие вторичных экосистем сопровождается усилением их продукционной способности и темпов накопления органического вещества. Ежегодное накопление гумуса в развитых экосистемах составляет 0,5-1,0 т/га, депонирование углерода при этом составляет 0,3-0,6 т/га.

Таблица 2 – Накопление гумуса и депонирование углерода во вторичных почвах на нарушенных горными работами землях

Вторичные почвы	Запасы гумуса, т/га	Депонирование углерода, т/га
Техноземы каменистых суглинков заказника «Визирка» (Ингулецкий ГОК)	10	6
Техноземы лессовидных суглинков заказника «Грушевский» (Марганецкий ГОК)	15	9
Техноземы лессовидных суглинков заказника «Вершина» (Присянской ГОК)	18	11

Еще более активно происходит накопление углерода вторичной растительностью, которая потребляет CO<sub>2</sub> в процессе фотосинтеза. Исследования вторичных фитоценозов на опытном участке (отвал №3 Ингулецкого ГОКа) свидетельствуют о том, что наибольшую продуктивность демонстрируют вторичные травянистые сообщества, доминирующими видами которых являются донник белый и люцерна посевная (Таблица 3)

Таблица 3 – Средняя ежегодная продуктивность и накопление углерода вторичными растительными сообществами

Растительные сообщества	Чистая первичная продукция (NPP), т/га	Накопление углерода, т/га
Донниковые	95	57
Люцерновые	68	41
Акациевые	55	33
Аморфовые	65	39
Дубовые	5	3

В целом, формирование вторичных экосистем, на нарушенных землях может способствовать ежегодному депонированию углерода до 82 т/га. Возрождение всех земель, нарушенных горными работами, может обеспечить ежегодное депонирование 3 млн. т углерода в Днепропетровской области, что соответствует поглощению 15 млн т CO<sub>2</sub> и компенсирует промышленные выбросы области [5].

**Перевод экосистем бассейна р. Днепр в состояние устойчивого функционирования.** Катастрофические изменения земель вызвало создание каскада Днепровских водохранилищ. В результате столь масштабного преобразования природы было затоплено около 700 000 га высокопродуктивных поемных лесов и лугов, значительно снизили продуктивность подтопленные, засоленные, земли на площади около 500 000 га.

В настоящее время водохранилища являются высокопроизводительным источником парниковых газов: водяного пара и метана.

Объем испарения с поверхности водохранилищ оценивается в 0,9-4,1 км<sup>3</sup>/год [6,7]. Водяной пар оказывает парниковый эффект вдвое превышающий действие CO<sub>2</sub>. Таким образом, испарение с поверхности водохранилищ оказывает на климат действие аналогичное влиянию 1,8-8,2 млрд т/год CO<sub>2</sub>, что значительно превышает выделение его всей промышленностью Украины (322 млн т).

Заиление водохранилищ привело к значительному росту площади мелководий, особенно в Каховском, Кременчугском водохранилищах и оз. им. Ленина, где развиваются

анаэробные процессы разложения органического вещества с выделением метана [6]. Оценка эмиссии метана в донных отложениях болот и озер Западной Сибири, Рыбинского водохранилища свидетельствует о выделении метана илами, насыщенными органическими веществами, которая может достигать 600-800 мл/м<sup>2</sup>хсут, или 2000-3000 м<sup>3</sup>/гахгод [8,9]. Площадь мелководий каскада водохранилищ составляет уже сегодня 280 тыс. га и продолжает увеличиваться в процессе заиления. Функционирование водохранилищ в их современном состоянии может приводить к эмиссии 840 млн м<sup>3</sup>/год, или около 600 тыс. т/год. Парниковый эффект такого количества метана может быть эквивалентным действию 13 млн т/год CO<sub>2</sub>.

Сокращение эмиссии парниковых газов может быть достигнуто путем перестройки водохранилищ или изменением режима их работы. Отделение мелководий водохранилищ дамбами позволяет уменьшить площадь испарения с водной поверхности и выделение метана донных отложений. Однако, такой метод требует расходования огромных материальных и энергетических ресурсов. Вместе с тем, его применение не исключает вторичного заболачивания пойдеров. Легче снизить уровень водохранилищ, что приведет к потерям в производстве гидроэлектроэнергии, но сократит площадь зеркала и мелководий [10]. Радикальным решением множества экологических проблем бассейна р. Днепр является поэтапный спуск водохранилищ [11].

Формирование вторичных экосистем на землях, вышедших из-под затопления водохранилищами, позволит создать продуктивные пойменные сообщества. Наши исследования поемной растительности Днепрово-Орельского природного заповедника, исследования других авторов [12] свидетельствуют о том, что средняя биологическая продуктивность деревянистых и травянистых поемных экосистем может составлять 15 т/га хгод. Депонирование углерода при этом достигнет 10 т/гахгод, что обеспечит поглощение 50 т/гахгод CO<sub>2</sub>. По нашим оценкам при спуске водохранилищ днепровского каскада из-под затопления может выйти до 600 тыс. га нарушенных земель. Формирование на этих землях вторичных экосистем обеспечит поглощение 30 млн т/год CO<sub>2</sub>.

Затопленная ныне пойма р. Днепр в природном состоянии образовывала стабильность экосистем всего бассейна. За счет поймы удерживались даже в степной зоне оптимальные показатели лесистости (8 %). Пойменные экосистемы способствовали миграции живых организмов в меридиональном направлении, обмен генетическим материалом. Вместе с тем, обширная пойма давала неиссякаемые источники биологических ресурсов, органических продуктов. Функционирование водохранилищ, созданных в индустриальную эпоху, противодействует сегодня выполнению требований устойчивого развития страны.

**Консервация малопродуктивной пашни.** В структуре земельного фонда Украины преобладают сельскохозяйственные земли (71%). Пашня составляет 32,5 млн. га (53,8%), по распаханности страна превосходит большинство государств СНГ и Европы. Формирование землепользования происходило на основе политической необходимости, которая исключала учет экологических возможностей территории. Использование круто склоновых, песчаных, засоленных, осолонцованных земель под пашню привело к их деградации и резкому снижению продуктивности. По нашим оценкам, сегодня только в Днепропетровской области около 480 тыс. га пашни нуждается в консервации. В соответствии с экологическими условиями здесь необходимо создание искусственных лесонасаждений, улучшенных травостоев для использования в качестве сенокосов и пастбищ. Обеспечивая режим природного функционирования вторичных экосистем, можно по крайней мере на 3 месяца продлить вегетационный период, в том числе, и для фотосинтетического поглощения CO<sub>2</sub>. Консервация пашни позволит достичь интенсификации депонирования углерода на 4 т/гахгод, поглощения 20 т/гахгод CO<sub>2</sub>. Таким образом, можно обеспечить только по Днепропетровской области поглощения 10 млн т/год CO<sub>2</sub>, что составляет 60% промышленных выбросов региона.

## **Выводы.**

1. В результате рационализации землепользования путем перевода нарушенных и деградированных земель в режим природного функционирования возможно поглощение промышленных выбросов парниковых газов Украины.
2. Наибольший экологический эффект можно достичь путем вывода из-под затопления земель каскада днепровских водохранилищ.

## **Список литературы.**

1. Шапарь А.Г. Активизация самовосстановления биогеоценозов деградированных земель Кривбасса / А.Г. Шапарь, О.А. Скрипник, Л.Ф. Бобырь // Вісник Дніпропетровського державного агроуніверситету. – 2005. – № 1. – С. 15-18.
2. Шеманьов В.І., Забалуєв В.О., Чабан І.П. Техногенні території: рекультивация, оптимізація агроландшафтів, раціональне використання // Мат. Міжн. Наук.-пр. конф. „Раціональне використання рекультивованих та еродованих земель: досвід, проблеми, перспективи” – Дніпропетровськ: Дн-ський агр.ун. – 2006. – С. 16-20.
3. Некоторые теоретические проблемы рекультивации / [Карпачевский Л.О., Зубкова Т. А., Шевякова Н. И., Бганцова М. В.] // Мат. Міжн. Наук.-пр. конф. „Раціональне використання рекультивованих та еродованих земель: досвід, проблеми, перспективи” – Дніпропетровськ : Дн-ський агр.ун. – 2006. – С. 27–28.
4. Травлеев А. П. Днепрпетровский национальный университет – научный центр лесной рекультивации шахтных отвалов на Украине (итоги и перспективы) / А. П. Травлеев, Н. М. Дронь, Н. А. Белова // Тези доп. міжн. конф. „Проблеми лісової рекультивациі порушених земель України”. – Д : ДНУ, 2006 – С. 3–7.
5. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2009 рік. Режим доступу до сайту: [http://www.menr.gov.ua/media/files/Articles/Diyalnist/Ecology/region\\_dopovidi\\_2009/dnipropetrovsk\\_2009.rar](http://www.menr.gov.ua/media/files/Articles/Diyalnist/Ecology/region_dopovidi_2009/dnipropetrovsk_2009.rar)
6. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду / Отв.ред. Г.В.Воропаев, А.Б.Авакян. - М.: Наука, 1986. - 367с.
7. Михайлов, В.Н. Гидрология / В.Н.Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А.Добролюбов. - М. : Высшая школа, 2005. - 463с.
8. Гальченко В.Ф., Биогеохимические процессы цикла метана в почвах, болотах и озерах Западной Сибири/ [В.Ф. Гальченко, Л.Е.Дулов, Б. Крамер и др.] //Микробиология – 2001 – Т. 70, №2 – С. 215 – 225.
9. Дзюбан А.Н. Метан и микробиологические процессы его трансформации в воде верхневолжских водохранилищ/ А.Н. Дзюбан //Вод. ресурсы. – 2002. – Т. 29, №1. – С. 68 –78.
10. Демьянов В. Спасти Днепр / В. Демьянов // Экобезопасность: Всеукраинская информационная газета. – 2011. – № 1-2 (7-8).
11. Шапар А.Г. Еколого-економічні проблеми переводу екосистеми річки Дніпро до сталого функціонування / А.Г. Шапар, О.О. Скрипник, С.М. Сметана // Екологія і природокористування: Зб. наук. праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України. – 2011. – Випуск 14. – С. 26-49.
12. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии / Н.И. Базилевич. – М.: Наука, 1993 – 293 с.