

and fat – from organic waste (manure, sewage, food waste). All stages of the process are described in detail: from the collection of raw materials to the final products.

Keywords: *recycling, organic waste, fly Black Lion, chitin.*

Об авторах:

ФЕФИЛОВА Валентина Михайловна – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: valy.fefilova@mail.ru

МАКСИМОВА Софья Алексеевна – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: itssonyamaksimova@gmail.com

About the authors:

FEFILOVA Valentina Mikhailovna – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: valy.fefilova@mail.ru

MAKSIMOVA Sofya Alekseevna – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: itssonyamaksimova@gmail.com

УДК 503.56

ТОРФЯНЫЕ БОЛОТА КАК ИНСТРУМЕНТ БОРЬБЫ С ПАРНИКОВЫМИ ГАЗАМИ

Т.Б. Яконовская

© Яконовская Т.Б., 2025

Аннотация. *В статье рассмотрена болотная экосистема как карбоновый полигон для улавливания парниковых газов. Приведено описание методики мониторинга концентрации CO₂ в болотных экосистемах.*

Ключевые слова: *болото, парниковые газы, мониторинг, углерод, карбоновый полигон, экология.*

Уже сегодня в мире можно наблюдать последствия изменения климата: более частые, чем раньше, ураганы, масштабные пожары в тропических лесах, наводнения в одних регионах и длительные засухи в других. Чтобы ситуация не стала хуже, в 2016 г. 175 стран подписали Парижское соглашение подписали 175 стран. согласно которому они взяли на себя обязательства бороться с изменением климата. Россия вошла в их число, и одним из ее решений в рамках соглашения стало

создание карбоновых полигонов. Такие полигоны представляют собой территории, на которых разрабатывают и тестируют технологии отслеживания и улавливания парниковых газов. Это важная задача, поскольку накопление данных газов (к числу которых относят метан, углекислый газ, закись азота и некоторые другие) в атмосфере в значительной мере способствует повышению температуры у поверхности Земли.

Важнейшую роль в поддержании состава атмосферного воздуха играют болота. Они обогащают атмосферу кислородом, изымая из планетарного цикла углерод и консервируя его в торфяниках на тысячи лет. В них связано 30 % всего наземного углерода. Более того, торфяные болота выступают в качестве мощных естественных фильтров, способных улавливать токсичные вещества, а также создают особую среду обитания и часто служат убежищем различным видам животных, для которых другие земли стали некомфортными из-за, например, изменения климата [1, 2].

Экологическое состояние покинутых торфяников в настоящее время слабо исследовано. Между тем такие зоны создают реальную угрозу пожаров и многократного увеличения выбросов углекислого газа в результате окисления торфа, водной и ветровой эрозии. В связи с этим крайне важно восстанавливать болота, изучать их биоразнообразие и, разумеется, разрабатывать и внедрять современные технологии секвестрации и природопользования. Это способствует не только сокращению эмиссии климатически активных газов, но и предотвращению торфяных пожаров.

С одной стороны, болота выступают поглотителями углерода, что обусловлено их высоким гидродинамическим режимом. Запас накопленного в болотах углерода в несколько раз превышает показатели его эмиссии. С другой стороны, при определенных климатических условиях и антропогенном воздействии болота могут выделять метан – один из сильнейших парниковых газов. Например, прогревание почвы, сокращение количества осадков и увеличение освещенности приводят к увеличению интенсивности выделения углекислого газа на болоте. Кроме того, торфяные болота выступают в качестве мощных естественных фильтров, способных улавливать токсичные вещества [3, 4].

На территории России существует 19 карбоновых полигонов [9], суммарная площадь которых составляет 312 940 га (рисунок). Они располагаются в очень разных (как в плане географии, так и в плане экологии) регионах, благодаря чему максимально широко отражают разнообразие ландшафтов Российской Федерации.



Карбоновые полигоны РФ [9]

Глобально карбоновые полигоны создаются для того, чтобы можно было оценить, насколько велик потенциал экосистем на территории России в части поглощения парниковых газов из атмосферы. Чтобы такие оценки были корректными, важно использовать наиболее точные методы измерения потоков парниковых газов. Поэтому на каждой площадке специалисты применяют широкий спектр оборудования, сравнивают измерения, выполненные различными приборами, и ищут оптимальные способы мониторинга. Помимо слежения за выбросами парниковых газов, карбоновые полигоны нужны и для разработки методов их улавливания. В частности, известно, что растения поглощают углекислый газ и вовлекают углерод в органические соединения, обеспечивающие жизненный цикл растений. Следовательно, сделать так, чтобы какая-либо территория улавливала больше углекислого газа, можно, если высаживать на ней определенные породы деревьев. Однако разные виды растительности с разной эффективностью накапливают углерод в биомассе в процессе роста.

Методика восстановления углеродного баланса нарушенных болотных экосистем базируется на комплексе научно обоснованных технологических решений – от устройства водорегулирующих сооружений, таких как дамбы и шлюзы, до восстановления растительного покрова [5, 6]. К таким технологическим решениям можно отнести:

вторичное обводнение. Позволяет повысить естественную влажность до уровня, близкого к уровню природных болот;

блокировку стока воды в канавах системой перемычек, дамб, перегородок. Вода поступает из осадков;

восстановление растительного сообщества. Растительность постепенно заселяет территорию. В первый год появляются некоторые растения, но полноценное сообщество формируется медленно.

Одной из ключевых особенностей разработанной методики является ее способность быть адаптированной к специфическим условиям каждого торфяного месторождения.

Как правило, мониторинг концентрации CO_2 на болотных экосистемах является длительным процессом (не менее 2 лет). Исследуется влияние микроклимата болот на прогревание почвы и увеличение интенсивности эмиссии парниковых газов с ее поверхности. Такие длительные наблюдения позволяют сформировать максимально полную картину выделения углекислого газа с поверхности болот, а также определить, есть ли там геохимические барьеры, препятствующие выделению газа, на какой глубине они находятся, как происходит прогревание почвы, сокращение количества осадков и увеличение освещенности. Последние три фактора, как было указано ранее, приводят к повышению интенсивности выделения углекислого газа на болоте, причем этот процесс может быть связан с глубинными механизмами. Отмечается увеличение вклада гетеротрофного почвенного дыхания (процесса, при котором микроорганизмы разлагают органические вещества в почве с использованием кислорода; при этом в атмосферу выделяется углекислый газ), значение которого возрастает при снижении уровня грунтовых вод, уменьшении количества осадков и росте процессов окисления на болоте [7, 8].

Большинство болот Центрального федерального округа РФ имеют среднюю мощность торфяной залежи 5,5–6,0 м. В таких болотах на глубине 1,5–2 м формируется геохимический барьер, т.е. выделение CO_2 на этом уровне затруднено. Его эмиссии препятствуют комплексные соединения органического вещества торфа, образуемые с d-элементами (железом, алюминием и др.). Таким образом, говоря о формировании парниковых газов на болоте, можно учитывать вклад глубинных процессов, протекающих на уровне не глубже 2 м.

Важно понимать, как именно формируется указанный барьер. Это происходит тогда, когда активные формы органического вещества образуют прочные комплексные соединения преимущественно с d-элементами и закупоривают капиллярные каналы в торфяной почве, понижая пористость и препятствуя продвижению газов на поверхность болота. Геохимический барьер представляет собой своеобразное препятствие. Шансов, что он разрушится, крайне мало даже в условиях аномальной жары и антропогенной нагрузки. Исследование этого глубинного распределения подвижных форм высокомолекулярных

органических компонентов в торфяной почве имеет большое значение, поскольку процессы накопления и преобразования органического вещества осуществляются почвенными микроорганизмами.

Методика мониторинга эмиссии парниковых газов в болотных экосистемах обеспечивает комплексный эколого-экономический эффект, связанный с сохранением и увеличением емкости углеродных пулов, сокращением эмиссии парниковых газов, повышением биоразнообразия и усилением средообразующих функций болот. Восстановление болотной экосистемы также создаст устойчивую и здоровую среду для развития растительного и животного мира.

Библиографический список

1. Яконовская Т.Б. Экологические платежи как инструмент реализации идеи «зеленой» экономики // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: материалы 19-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики, 09–10 ноября 2023 года, Тула. Тула: ТулГУ, 2023. С. 420–425.

2. Яконовская Т.Б. Изменения в системе экологических платежей в РФ как способ поддержки экономики в условиях санкций или новое «экологическое бремя» для производителей? // Саморазвивающаяся среда технического вуза: научные исследования и экспериментальные разработки: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, 25 января 2023 года, Тверь / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2023. С. 59–65.

3. Яконовская Т.Б. Экологическая безопасность промышленных предприятий // Современные технологии и инновации: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, 20 апреля 2022 года, Тверь / под общ. ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2022. С. 108–112.

4. Шемякин И.О. Динамика железа в почвенном профиле на пионерных площадках карбонового полигона болота Бобрового // Сборник тезисов докладов научно-практической конференции студентов Курганского государственного университета, 20–31 марта 2023 года, Курган / отв. ред. А.В. Шаров. Курган: КГУ, 2023. С. 102.

5. Леонова О.А., Волкова Е.М. Роль нарушенных пойменных болот в депонировании углерода на северо-востоке Среднерусской возвышенности // Климатическая повестка проблемы реализации и пути дальнейшего развития: сборник материалов Международной научно-практической конференции, 15–16 декабря 2023 года, Грозный / отв. ред. А.С.-А. Хасухаджиев. Грозный: ЧГУ им. А.А. Кадырова, 2023. С. 83–85.

6. Разработка ресурсосберегающей технологии комплексного освоения торфяных месторождений / Г.Л. Макаренко [и др.] // Вестник

Томского государственного педагогического университета. 2009. № 3 (81). С. 157–161.

7. Технология комплексного использования органических и минеральных запасов торфяных месторождений с последующим восстановлением болотообразовательного процесса / Г.Л. Макаренко [и др.] // Проблемы природопользования и инженерной экологии: сборник трудов ученых и преподавателей факультета природопользования и инженерной экологии ТГТУ. Тверь: ТГТУ, 2007. С. 47–59.

8. Яконовская Т.Б., Жигульская А.И., Зюзин Б.Ф. Экономическая классификация способов разработки торфяного месторождения: рентный подход // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 7. С. 318–323.

9. Карбоновые полигоны в России. URL: <https://carbonplatform.ru/karbonovyye-poligony-v-rossii> (дата обращения: 10.12.2024).

PEAT BOGS AS A TOOL TO COMBAT GREENHOUSE GASES

T.B. Yakonovskaya

Abstract. *The article considers bog ecosystem as a carbonic polygon for greenhouse gas capture. The description of the methodology of CO₂ concentration monitoring in bog ecosystems is given.*

Keywords: *swamp, greenhouse gases, monitoring, carbon, carbon polygon, ecology.*

Об авторе:

ЯКОНОВСКАЯ Татьяна Борисовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления производством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tby81@yandex.ru

About the author:

YAKONOVSKAYA Tatyana Borisovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tby81@yandex.ru