

УДК 622.22:504.062:556.56

DOI 10.52928/2070-1683-2025-40-1-58-66

**СТАДИИ ПОВТОРНОГО ЗАБОЛАЧИВАНИЯ НА ВЫРАБОТАННОМ УЧАСТКЕ  
ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НИЗИННОГО ТИПА ИВАНОВСКОЕ**

*канд. техн. наук, доц. О.Н. РАТНИКОВА, канд. техн. наук, доц. В.А. РАКОВИЧ,  
Т.Д. ЯРМОШУК, И.П. ЛИЩИЦЫНА, А.Т. БОРИШ  
(Институт природопользования НАН Беларуси, Минск)*

*В статье рассмотрены основные стадии повторного заболачивания выработанного торфяного месторождения низинного типа Ивановское на основании восьмилетних наблюдений. Анализ основных параметров уровней грунтовых вод (высоких, средних, низких годовых и месячных значений уровней грунтовых вод и амплитуды колебаний, а также хода кривой относительно поверхности земли), значений окислительно-восстановительного потенциала, общей минерализации, кислотности, сукцессии растительности и выбросов парниковых газов (СО<sub>2</sub>-экв.) позволил сделать выводы, что торфяник после выполнения мероприятий экологической реабилитации проходит три стадии восстановления. Проведенные мероприятия способствовали повышению среднегодовых значений уровней грунтовых вод до уровня поверхности земли, восстановлению видового разнообразия болотных фитоценозов (в настоящее время преобладают тростниково-осоковые фитоценозы), сокращению выбросов парниковых газов в 2,4 раза.*

**Ключевые слова:** *выработанное торфяное месторождение, мероприятия экологической реабилитации, уровни грунтовых вод, выбросы парниковых газов, стадии повторного заболачивания.*

**Введение.** Болота имеют приоритетное значение для поддержания экологической стабильности в природной среде Беларуси. Они занимают около 12% от всей территории республики и выполняют важнейшие функции, будучи в естественном или восстановленном состоянии. Анализ проведенной инвентаризации показал наличие в Беларуси 284,8 тыс. га торфяных месторождений, выбывших из промышленной эксплуатации, из них 143,3 тыс. га подлежат экологической реабилитации, более 83,8 тыс. га частично или полностью обводнены и находятся в процессе восстановления, остальные 58,5 тыс. га эффективно используются для сельского и лесного хозяйств. Кроме этого выявлено 89,8 тыс. га болот с нарушенным гидрологическим режимом, рекомендуемых для экологической реабилитации<sup>1</sup>. Существует единственный способ реабилитации антропогенно нарушенных болот – их повторное заболачивание.

В условиях Беларуси экологическую реабилитацию возможно проводить на всех без исключения выработанных торфяных месторождениях независимо от их природно-генетических особенностей. Отличительной чертой выработанных участков торфяного месторождения являются более низкие отметки поверхности по сравнению с первоначальным состоянием болота, оставшийся нижний слой инертного горизонта находится в зоне аэрации, в котором интенсивно протекают процессы горизонтальной и вертикальной фильтрации.

Восстанавливаемые болота являются быстро меняющимися и развивающимися экологическими системами, проходящими последовательные стадии восстановления болотообразования и накопления торфа. Продолжительность стадий восстановления выработанных участков торфяных месторождений будет иметь различный период в зависимости от их геоморфологии, рельефа, времени после выработки, типа оставшегося слоя торфяной залежи и его глубины, условий водного питания, подстилающих пород и др.

**Цели и задачи.** Для количественной оценки стадий повторного заболачивания, а также динамики восстановления болотообразовательного процесса на выработанном участке торфяного месторождения низинного типа проанализировали основные параметры уровней грунтовых вод до и после проведения мероприятий экологической реабилитации: высокие, средние, низкие годовые и месячные значения уровней грунтовых вод (далее – УГВ) и амплитуды их колебаний, а также ход кривой относительно поверхности земли; значения окислительно-восстановительного потенциала (далее – ОВП); кислотность; сукцессию растительности и изменение выбросов парниковых газов (СО<sub>2</sub>-экв.).

Ренатурировать выработанное торфяное месторождение, т.е. полностью восстановить всю совокупность природных компонентов нарушенных болотных экосистем, невозможно вследствие значительного антропогенного воздействия. Однако можно восстановить способности нарушенных болот к выполнению биосферных и природно-хозяйственных функций. Мероприятия по экологической реабилитации нарушенного в результате промышленной эксплуатации торфяного месторождения направлены, прежде всего, на поднятие и стабилизацию УГВ равномерно по всей площади восстанавливаемого участка до уровня поверхности земли. При этом параметрами, обеспечивающими восстановление процессов образования и накопления торфа, являются: среднегодовые значения УГВ до –20 см и амплитуды колебаний менее 50 см (знак «–» говорит о положении УГВ ниже поверхности земли, «+» – выше поверхности земли) [1].

<sup>1</sup> Схема распределения торфяников по направлениям использования на период до 2030 г. Утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.12.2015 г. № 1111.

**Результаты исследований.** Исследуемое торфяное месторождение Ивановское, расположенное в Березинском районе Минской области в среднем течении р. Березина, относится к Центральнорезинской водноледниковой равнине.

В геоструктурном отношении территория приурочена к Оршанской впадине, Белорусской антеклизе и Жлобинской седловине. Поверхность коренных пород слагают девонские пески, глины, мергели, доломиты, а на востоке – мергельно-меловая толща верхнего мела. Моренная равнина расчленена ложбинами стока, по склонам речных долин имеются овраги и балки. Повсеместно встречаются заболоченные термокарстовые западины. Ложем антропогенных отложений служат пески, алевроиты и мергели среднего девона, под которыми залегают глины, мергели, доломиты и песчаники также девонского возраста [2].

Болото располагается в котловине, образованной в результате эрозионной деятельности древних ледниковых потоков. На начальной стадии накопления торфа (до гидротехнической мелиорации) процессы происходили путем заторфовывания водоемов на дне котловины и заболачивания пониженных ложбин, на дне которых откладывался сапропель. Постоянное избыточное увлажнение паводковыми, грунтовыми и речными водами, наносы с окружающих суходолов растворенных минеральных солей создали предпосылки для заболачивания пойм р. Ольса и Клева и накопления торфа. Постепенно образовавшиеся небольшие болота слились в один массив. Торфообразование происходило в условиях богатого водно-минерального питания также за счет активной разгрузки грунтовых вод.

Большая площадь водосбора сточных вод и грунтовые воды обусловили высокую проточность, что тоже обеспечивало обильное водно-минеральное питание болотной растительности и способствовало образованию торфа низинного типа (96%). В строении торфяной залежи принимали участие 20 видов торфа, преобладающими из которых являются осоковый низинный, древесно-осоковый, древесный, древесно-тростниковый и тростниковый низинный торф. Подстилающими торф грунтами являлись в основном пески пылеватые, мелкозернистые пески и супеси. В отдельных местах под слоем торфа, где в начальной стадии развития болота были водоемы, встречены сапропелевые отложения.

Гидрологические условия болота определялись геологическим строением района и его климатом. Исследуемый участок торфяного месторождения расположен в котловинообразном понижении, что определяет нахождение грунтовых вод непосредственно вблизи поверхности на расстоянии 0,5–1,2 м. Воды безнапорные. Разгрузка верхних горизонтов подземного стока производится на уровне существующих эрозионных базисов: системы валовых и магистральных каналов, впадающих в р. Ольса. Амплитуда колебаний отметок поверхности торфяника – 154–165 м. Северо-западная часть месторождения занимает пойму р. Клева, а юго-восточная – пойму р. Ольса. Исследуемый участок расположен в южной части торфяника в пойме р. Ольса (рисунок 1).



1 – нулевая граница торфяного месторождения; 2 – исследуемый участок; 3 – исследуемая площадка

**Рисунок 1.** – Карта-схема расположения гидрологической сети до осушения на торфянике Ивановское

На нулевой стадии своего существования, т.е. после выбытия из промышленной эксплуатации, исследуемый участок длительное время находился в осушенном состоянии. Опираясь на известные биофизические свойства болот как природных образований, благодаря проведенным в 2014 г. исследованиям оценили экологическое состояние основных компонентов природной среды исследуемого торфяного месторождения.

Торфяное месторождение Ивановское представляло собой плоскую сильно осушенную поверхность с оставшимся слоем торфяной залежи – 0,1–0,5 м, местами подстилаемую сапропелем. Оставшийся слой торфяной залежи представлен осоковым, тростниково-осоковым, древесно-осоковым видами торфа; степень разложения торфа – 30–40%; влажность торфа – 86–87%; зольность – 7,45–26,90% (в нижнем слое примесь песка).

Изменение водного режима с последующей выработкой торфа привело к остановке процессов накопления органического вещества, и болотная экосистема потеряла устойчивость, прекратив свое существование.

Схема осушения для промышленного использования, а именно разработка торфяных месторождений для топливной энергетики в Беларуси, включала системы каналов: магистрального и валовых, расстояние между которыми 500–1000 м, и картовых (40–50 м). При такой схеме осушения наименьшее допустимое значение УГВ посередине между картовыми каналами (норма осушения) составляла не менее 1,0 м ниже поверхности земли. Согласно строительному проекту 2005 г., осушение исследуемого участка площадью 669 га осуществлялось сетью открытых валовых и картовых каналов в магистральный с помощью стационарной насосной станции или самотеком в р. Ольсу.

После осушения сложился специфический гидрологический режим (до экологической реабилитации), четко не прослеживались характерные фазы развития, присущие болоту в естественном состоянии. На режим грунтовых вод влияло регулирование магистрального и валовых каналов на прилегающих территориях.

Большую часть года грунтовые воды расположены на уровне –60 см, в меженный период УГВ опускались до отметок –88...–104 см, что ниже дна осушительного картового канала. Среднемесячная амплитуда колебаний УГВ нестабильна на протяжении всего гидрологического года и менялась в широком диапазоне 7–37 см (рисунки 2, 3). Подъем грунтовых вод начинался одновременно с началом снеготаяния. Величина весеннего подъема, при глубине УГВ зимой –26...–67 см, составила –18...–36 см. Величина деятельного горизонта, в котором активно шли процессы минерализации оставшегося слоя торфяной залежи, составляла –1,0 м. Имело место вторичное заозеление торфяной залежи.

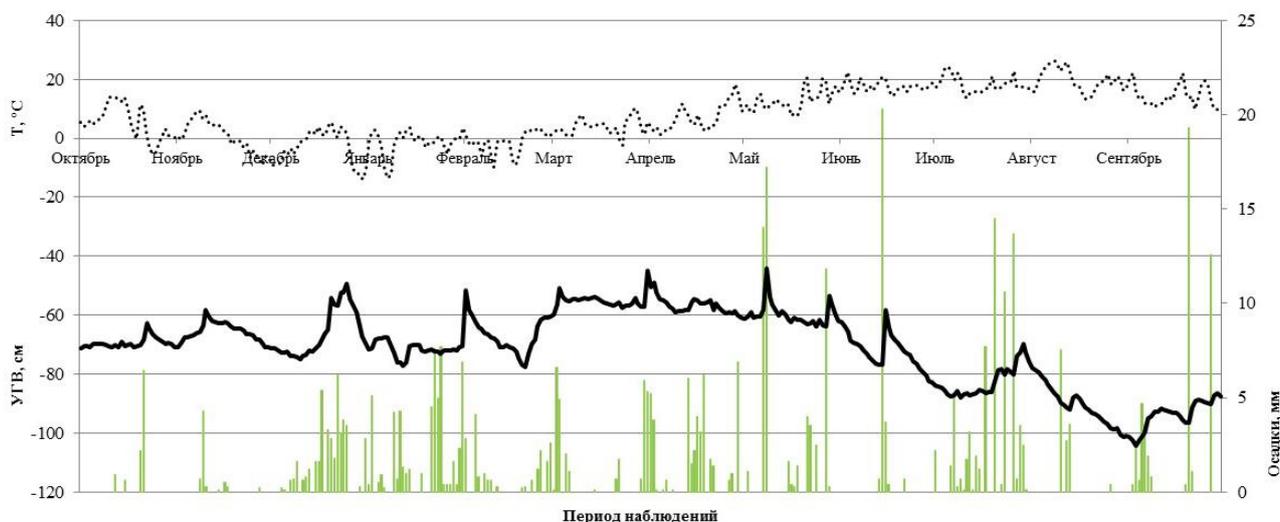


Рисунок 2. – Динамика изменения температуры воздуха, УГВ и осадков на торфяном месторождении Ивановское до экологической реабилитации

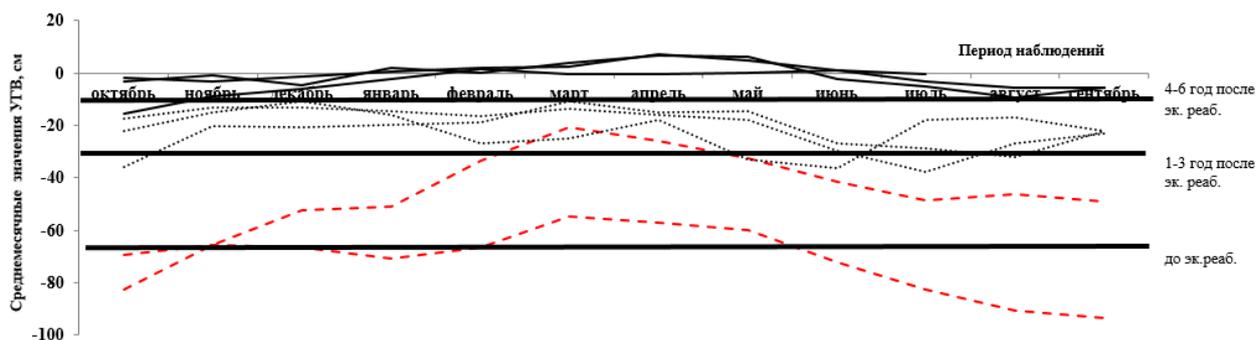
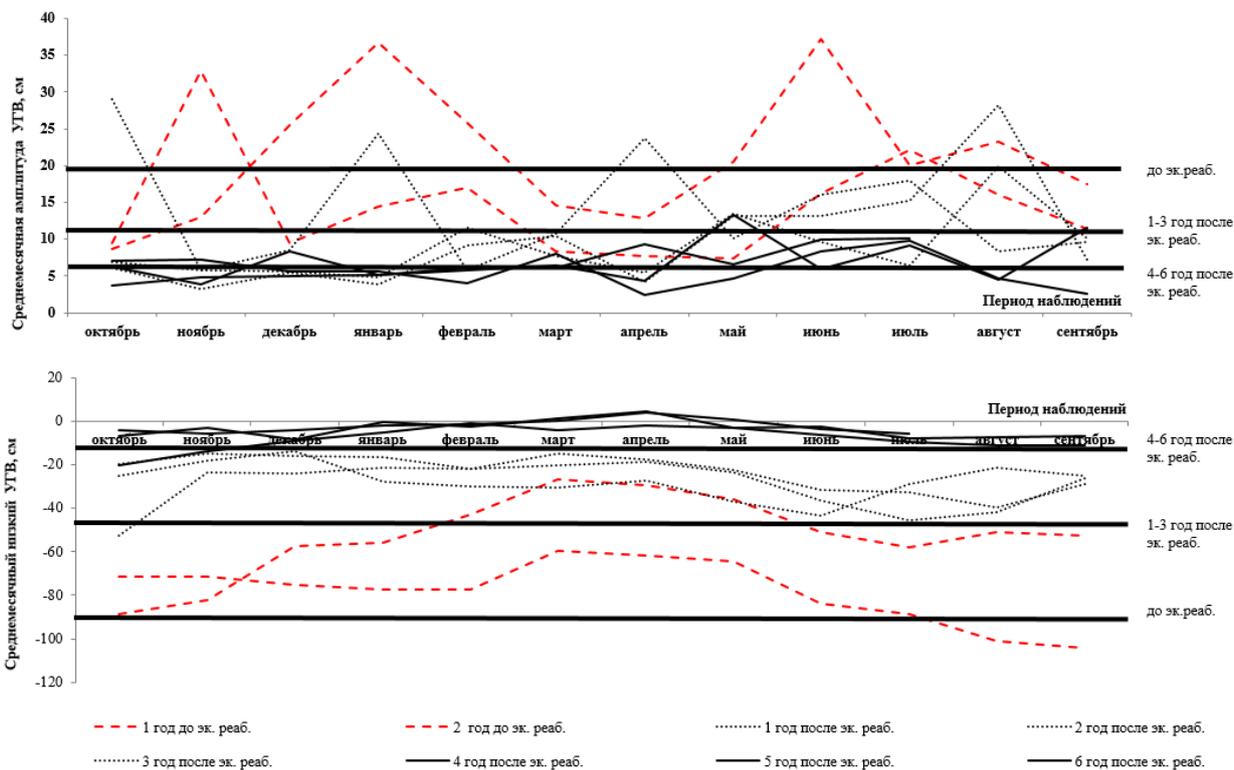


Рисунок 3. – Динамика изменения среднемесячных значений средних, амплитуды колебаний и низких УГВ в период 2014–2022 гг. наблюдений на торфяном месторождении Ивановское (начало)



**Рисунок 3. – Динамика изменения среднемесячных значений средних, амплитуды колебаний и низких УГВ в период 2014–2022 гг. наблюдений на торфяном месторождении Ивановское (окончание)**

После прекращения добычи торфа сформировался контрастный амфибиальный водно-воздушный режим с резкой сменой окислительных и восстановительных процессов с преобладанием окислительных; ОВП колебался от +138 до +203 мВ в зависимости от погодных условий, сформировав специфический микроландшафт (рисунок 4); общая минерализация воды колебалась 210–420 мг/л, кислотность – 7,2–6,8.



**Рисунок 4. – Состояние болотных фитоценозов на исследуемой площадке торфяного месторождения Ивановское до экологической реабилитации (начало)**



**Рисунок 4. – Состояние болотных фитоценозов на исследуемой площадке торфяного месторождения Ивановское до экологической реабилитации (окончание)**

Используя методику GEST<sup>2</sup> [3], исследуемый участок можно подразделить на следующие вегетационные (растительные) формы сообществ, выступающие в качестве индикаторов уровней грунтовых вод и позволяющие рассчитать эмиссии парниковых газов:

- «Влажное разнотравье и луга» (17,4% территории): представлена мелиоративнопроизводными осоковыми и папоротниковыми пушистоберезняками, чередовались участки сильно заболоченные и более дренированные;
- «Очень влажный травостой» (41,8%): в напочвенном покрове доминировали виды болотной группы, болотно-травянистая растительность на заболоченных и затопленных участках, заросших тростником, рогозом широколистным, осоками;
- «Мокрый травостой и осоковые низинные болота» (9,3%): болотно-травянистая растительность на заболоченных участках, где чередовались фрагменты сообществ, сформированных пушицей многоколосковой, осоками и тростником;
- «Открытый торф» (2,4%): участки, на которых более 50% занимает открытый торф;
- остальная часть территории относилась к форме «Умеренно влажное разнотравье и луга»: представлена сорной и рудеральной растительностью.

Расчетные данные факторов выбросов парниковых газов с исследуемого участка торфяного месторождения Ивановское оценивались в 10,1 т CO<sub>2</sub>-экв./га в год согласно методикам зарубежных авторов [4–6], проверенным и адаптированным к условиям Беларуси в рамках исследований [7]. Эмиссия CO<sub>2</sub> с исследуемого участка составляла 7,3 т CO<sub>2</sub>-экв./га в год, CH<sub>4</sub> – 2,8 т CO<sub>2</sub>-экв./га в год, эмиссия N<sub>2</sub>O незначительна.

Работы по восстановлению гидрологического режима торфяного месторождения Ивановское проводились в осенне-зимний период 2015 г. в рамках проекта Программы развития ООН и Глобального экологического фонда «Управление торфяниками на основе ландшафтных подходов с целью получения многосторонних экологических выгод» («Торфяники-2»), реализуемого в партнерстве с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Цель проекта – снизить выбросы парниковых газов (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) и минерализацию торфа, сократить риск возникновения торфяных пожаров, создать благоприятные условия произрастания болотной растительности и обитания животных, стимулировать естественное восстановление нарушенной экосистемы болота.

Болотные фитоценозы произрастают в условиях полного или почти полного насыщения почвы влагой и преобладания восстановительных процессов. На осушенном участке, где остаточный слой торфа подстилается сапропелем, в периоды с большим количеством осадков интенсивно произрастали болотные фитоценозы, но после наступления даже кратковременных засух поселившаяся болотная растительность погибает из-за иссушения торфяного слоя. Именно эта причина – частая смена окислительно-восстановительных условий – не позволяла без применения мероприятий экологической реабилитации зарастать участкам, выбывшим из промышленной эксплуатации, ни болотной, ни суходольной растительностью.

Восстановление болотообразовательного процесса на таких участках, подстилающих остаточный слой торфа, грунтов, возможно только после поднятия УГВ до уровней поверхности земли с минимальной амплитудой колебаний в течение гидрологического года, создав типичные гидрологические условия.

<sup>2</sup> Научное обоснование экологической реабилитации неэффективно осушенных торфяников путем повторного заболачивания. Проектная территория «Вольсинское» в Березинском районе Минской области / НАН Беларуси, Ин-т экспериментальной ботаники, науч. рук. А.В. Судник. – Минск: Бел. наука, 2014. – 53 с. № регистрации проекта международной технической помощи в Министерстве экономики РБ 2/12/000571 от 30.11.2012 ATLAS №82884.

На первой стадии повторного заболачивания после проведения мероприятий экологической реабилитации, направленных на избыточное накопление влаги (повторное увлажнение) в поверхностном остаточном слое торфяной залежи, происходило ухудшение ее аэрации и, как следствие, быстрое отмирание суходольного травяного покрова (около одного года), постепенное более медленное – древесного и древесно-кустарничкового (два-три года), при этом общая минерализация – 225–346 мг/л, кислотность – 6,3–6,9, водно-воздушный режим не стабилен, ОВП – от –016 до +150 мВ, происходила смена окислительного процесса на восстановительный, что способствовало сукцессионной динамике растительности. На исследуемой площадке в первый год наблюдалось интенсивное зарастание кустарниками ивы (сосна – в угнетенном состоянии), на открытых участках торфа – травяной растительностью (тростником, рогозом широколистным, осоками), уровень воды в каналах доходил до бровки, что способствовало его зарастанию древесной и древесно-кустарничковой растительностью.

В первые три года после проведения мероприятий экологической реабилитации (2016–2019 гг.) прослеживалось уменьшение диапазона колебаний средних УГВ относительно поверхности земли в течение всего гидрологического года, их значение составило –21 см. Месячная амплитуда колебаний – 3–30 см в зависимости от водности месяца, при таких условиях торфяная залежь все еще не способна удерживать влагу, однако происходит сокращение деятельного горизонта в два раза (–47 см) (см. рисунки 3, 5).

Территория Березинского района отличается достаточным увлажнением – 684 мм в год. Однако отмечаются засушливые периоды и периоды избыточного увлажнения, что объясняется неравномерным распределением осадков по времени. За восьмилетний период исследований наблюдались годы разной водности, в засушливые годы выпадало около 430 мм (2014–2015 гг.), 595 мм (2018–2019 г.), а в наиболее влажные годы – свыше 700 мм (2016–2018 гг., 2020–2021 гг.). В теплое время года – с апреля по октябрь – около 421 мм, т.е. приблизительно 65,7% от годового количества осадков. Среднегодовая температура воздуха находилась в пределах 7,9–9,1°C<sup>3</sup>.

Исследуемая территория (около 86%) стала относиться к GEST «Очень влажный травостой», бывшие участки открытого торфа трансформировались во «Влажное разнотравье и луга», а участок «Мокрый травостой и осоковые низинные болота» остался в прежнем состоянии, что привело к поглощению диоксида углерода с восстановленного участка до –0,1 т CO<sub>2</sub>-экв./га за год, однако эмиссии метана увеличились до 4,3 т CO<sub>2</sub>-экв./га в год, что вызвано деятельностью анаэробных метаногенных микроорганизмов [3–5]. Общие выбросы парниковых газов с восстановленного участка составили 4,2 т CO<sub>2</sub>-экв./га за год.

В лабораторных условиях научным сотрудником лаборатории биогеохимии и агроэкологии Института природопользования НАН Беларуси Т.Д. Ярмошук проведен ряд экспериментов по имитации повторного заболачивания выбывших из промышленной эксплуатации торфяников с крапивой двудомной *Urtica dioica* [8], а также с композициями лугового разнотравья, ситника развесистого *Juncus effusus* и канаречника тростниковидного *Phalaris arudinacea*. Установлено, что удаление корнеобитаемого слоя торфа на нарушенном торфянике при реализации мероприятий по экологической реабилитации или проведении их в год после выбытия из промышленной эксплуатации торфяного месторождения позволит снизить выбросы парниковых газов с участков с преобладанием крапивы двудомной в 2,9–4,7 раз, с преобладанием лугового разнотравья – в 5,5–5,8 раз, с преобладанием ситника развесистого – в 11,8–21,9 раз, а с доминирующим видом канаречник тростниковидный – в 8,1–13,7 раз на первой стадии повторного заболачивания.

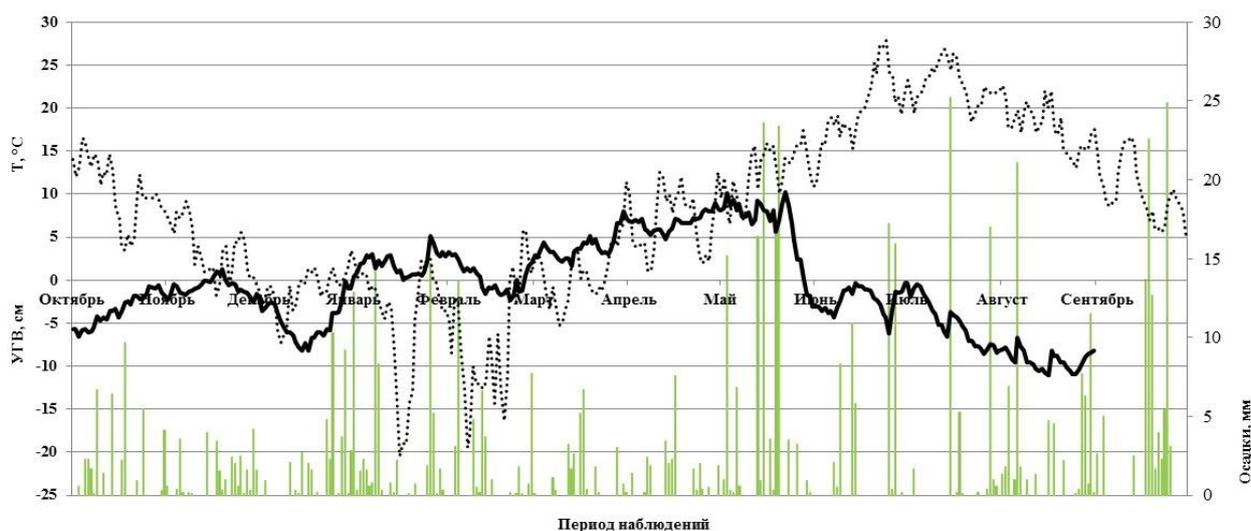


Рисунок 5. – Динамика изменения температуры воздуха, УГВ и осадков торфяного месторождения Ивановское после экологической реабилитации

<sup>3</sup> Погода и климат. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id=by>.

На второй стадии повторного заболачивания растения, поселяющиеся на восстанавливаемом участке торфяника, вынуждены развивать свою корневую систему во влажном торфяном субстрате в условиях недостаточного (ограниченного) минерального питания. Элементы минерального питания находятся не в свободном виде, а в связанном, представляя собой так называемые органоминеральные соединения, и таким образом они недоступны для восприятия их живыми растениями. Происходит сукцессия растительных ассоциаций, на поверхности торфяника поселяются такие растения, которые в процессе своего развития выработали в себе признаки, позволяющие им развиваться на оставшемся слое торфяной залежи со сформировавшимся водно-воздушным и минеральным режимом питания. Такие растения или не нуждаются в свободном доступе воздуха к их корням, или проводят необходимый корням кислород посредством внутрискелетных и внутрискелетных тканей. Многие из них обладают исключительно малой требовательностью к минеральному питанию. Они свободно развиваются на торфяниках, где содержание минеральных солей составляет всего лишь 2–4% от общей массы сухого вещества торфа.

На 4–6 годы после экологической реабилитации (2019–2022 гг.) наблюдались тренды к повышению средних значений УГВ до отметок +1...–4 см (т.е. большую часть года находясь у поверхности земли) и сокращению амплитуды колебаний до 6 см. Также проведенные мероприятия способствовали уменьшению критических низких и высоких значений УГВ в течение всего гидрологического года, деятельный горизонт сократился и составил –12 см. Восстановление гидрологического режима способствовало насыщению пор торфа водой, ОВП составил от –289 до +179 мВ с преобладанием восстановительных процессов; уменьшению минерализации – 97–109 мг/л, незначительному снижению кислотности (5,1–5,8). Данные условия способствовали замещению видового разнообразия болотными фитоценозами, около трех лет заняло замещение или перестроение видового разнообразия. В настоящее время в напочвенном покрове доминируют виды болотной группы, болотно-травянистая растительность на заболоченных и затопленных участках, заросших тростником, рогозом широколистным, осоками, в древесном ярусе – ива в угнетенном состоянии. Каналы начали зарастать подводными растениями и растениями с плавающими корнями (рисунок 6).



**Рисунок 6. – Состояние болотных фитоценозов на участке торфяного месторождения низинного типа Ивановское после экологической реабилитации (2022 г.)**

*Третья стадия восстановления, т.е. стадия восстановления торфообразования.* Постоянно высокое содержание влаги в корнеобитаемом слое в течение всего гидрологического года способствует насыщению оставшегося слоя торфа влагой и преобладанию восстановительных процессов, поры торфа заполнены водой и не насыщаются кислородом. Активно происходят анаэробные процессы, при таких условиях отмершие болотные растения не успевают полностью разложиться в течение годового биоцикла, начинается процесс аккумуляции торфа.

В этой анаэробной зоне торф сохраняет свои основные свойства, которые приобрел в торфогенном слое, претерпевает медленные вторичные изменения и превращается в органогенную горную породу. Свидетельством медленных вторичных изменений торфа в зоне консервации является образование метана при участии анаэробных бактерий.

Последняя, т.е. третья стадия восстановления торфяника, переходит в стадию болотообразования и торфо-накопления в условиях пойменного болота. Для изучения этой стадии восстановления необходим более длительный период (20–30 лет) после экологической реабилитации.

**Заключение.** На нулевой стадии своего существования, т.е. после выбытия из промышленной эксплуатации, исследуемый участок длительное время находился в осушенном состоянии, на режим грунтовых вод исследуемого участка существенно повлияла гидротехническая мелиорация. Большую часть года грунтовые воды располагались на уровне –60 см. Эти условия не способствовали зарастанию болотными фитоценозами, происходила минерализация торфа, и, как следствие, выбросы парниковых газов составляли 10,1 т CO<sub>2</sub>-экв./га в год.

На основании проведенных исследований торфяного месторождения низинного типа до и после экологической реабилитации можно утверждать, что процесс повторного заболачивания проходит три стадии:

– *первая стадия (повторного увлажнения)* – избыточное накопление влаги в поверхностном остаточном слое торфяной залежи за счет увеличения средних годовых значений УГВ с –58 до –21 см, уменьшение амплитуды колебаний с 18 до 11 см и минимальных значений с –104 до –53 см, смена окислительных процессов на восстановительные, что привело к отмиранию суходольной растительности;

– *вторая стадия (болотообразования)* – процесс восстановления основных параметров УГВ, и, как следствие, зарастание открытых участков торфа болотными фитоценозами, сукцессия фитоценозов на заросших участках за счет установившегося режима УГВ: средние –2 см, амплитуда колебаний 7 см, минимум –12 см, преобладание восстановительных процессов;

– *третья стадия (восстановления торфообразования)* – начинается на четвертом году после экологической реабилитации, происходит коренное изменение основных условий среды, важнейших жизненных режимов растений, преобладают восстановительные процессы, исследуемый участок полностью покрывается болотными фитоценозами.

Мероприятия экологической реабилитации исследуемого участка торфяного месторождения Ивановское способствовали повышению среднегодовых значений уровней грунтовых вод до уровня поверхности земли, восстановлению видового разнообразия болотных фитоценозов (в настоящее время преобладают тростниково-осоковые фитоценозы), сокращению выбросов парниковых газов в 2,4 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ратникова О.Н. Гидрологический режим торфяных месторождений разной категории нарушенности // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Стр-во. Прикладные науки. – 2018. – № 8. – С. 225–231.
2. Матвеев А.В. Гурский Б.Н., Левицкая Р.И. Рельеф Белоруссии. – Минск: Университетское, 1988. – 320 с.
3. Emission reductions from rewetting of peatlands. Towards a field guide for the assessment of greenhouse gas emissions from Central European peatlands / J. Couwenberg, J. Augustin, D. Michaelis et al. – Greifswald: Greifswald University, 2008. – 27 p.
4. Tanneberger F., Wichtman W. Carbon credits from peatland rewetting. *Climate – biodiversity – land use*. – Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers, 2011. – 224 p.
5. Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy / J. Couwenberg, A. Thiele, F. Tanneberger et al. // *Hydrobiologia*. – 2011. – № 674. – P. 67–89. DOI: 10.1007/s10750-011-0729-x.
6. Handbook for assessment of greenhouse gas emissions from peatlands. Applications of direct and indirect methods by LIFE Peat Restore / L. Jarašius, J. Etzold, L. Truus et al. – Vilnius: Lithuanian Fund for Nature, 2022. – 201 p. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/359746229\\_Handbook\\_for\\_assessment\\_of\\_greenhouse\\_gas\\_emissions\\_from\\_peatlands\\_Applications\\_of\\_direct\\_and\\_indirect\\_methods\\_by\\_LIFE\\_Peat\\_Restore](https://www.researchgate.net/publication/359746229_Handbook_for_assessment_of_greenhouse_gas_emissions_from_peatlands_Applications_of_direct_and_indirect_methods_by_LIFE_Peat_Restore) (дата обращения: 28.01.2025).
7. Ярмошук Т.Д. Эмиссия парниковых газов с торфяного месторождения Выгоняцкое на участке с преобладанием крапивы двудомной // *Природопользование*. – 2023. – № 2. – С. 39–54.
8. Ярмошук Т.Д., Ракович В.А. Эмиссии диоксида углерода при имитации повторного заболачивания выработанного торфяного месторождения низинного типа с доминирующим видом *Urtica dioica* // *Природные ресурсы*. – 2013. – № 2. – С. 5–10.

#### REFERENCES

1. Ratnikova, O.N. (2018). Hidrologicheski rezhim torfyanykh mestorozhdenii raznoi kategorii narushennosti [Hydrological regime of peat deposits of different category of disorder]. *Vestn. Polotsk. gos. un-ta. Ser. F, Str-vo. Prikladnye nauki [Herald of Polotsk State University. Series F. Civil Engineering. Applied Sciences]*, (8), 225–231. (In Russ., abstr. in Engl.).
2. Matveev, A.V., Gurskii, B.N. & Levitskaya, R.I. (1988). *Rel'ef Belorussii*. Minsk: Universitetskoe. (In Russ.).
3. Couwenberg, J., Augustin, J., Michaelis, D. & Joosten, H. (2008). *Emission reductions from rewetting of peatlands. Towards a field guide for the assessment of greenhouse gas emissions from Central European peatlands*. Greifswald: Greifswald University, 2008.
4. Tanneberger, F. & Wichtman, W. (2011). *Carbon credits from peatland rewetting. Climate – biodiversity – land use*. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.
5. Couwenberg, J., Thiele, A., Tanneberger, F., Augustin J., Bärtsch, S., Dubovik, D., ... Joosten, H. (2011). Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia*, (674), 67–89. DOI: 10.1007/s10750-011-0729-x.
6. Jarašius, L., Etzold, J., Truus, L., Purre, A.-H., Sendžikaite, J., Strazdina, L., ... Jurema, L. (2022). *Handbook for assessment of greenhouse gas emissions from peatlands. Applications of direct and indirect methods by LIFE Peat Restore*. Vilnius: Lithuanian Fund for Nature. URL: [https://www.researchgate.net/publication/359746229\\_Handbook\\_for\\_assessment\\_of\\_greenhouse\\_gas\\_emissions\\_from\\_peatlands\\_Applications\\_of\\_direct\\_and\\_indirect\\_methods\\_by\\_LIFE\\_Peat\\_Restore](https://www.researchgate.net/publication/359746229_Handbook_for_assessment_of_greenhouse_gas_emissions_from_peatlands_Applications_of_direct_and_indirect_methods_by_LIFE_Peat_Restore).

7. Yarmoshuk, T.D. (2023). Emissiya parnikovykh gazov s torfyanogo mestorozhdeniya Vygonoshchanskoe na uchastke s preobladaniem krapivy dvudomnoi [Greenhouse gas emission from the Vygonoshchanskoe peat deposit at the site with a predominance of dioecious nettle]. *Prirodopol'zovanie [Nature Management]*, (2), 39–54. (In Russ., abstr. in Engl.).
8. Yarmoshuk, T.D. & Rakovich, V.A. (2013). Emissii dioksida ugleroda pri imitatsii povtornogo zabolachivaniya vyrabotannogo torfyanogo mestorozhdeniya nizinnogo tipa s dominiruyushchim vidom *Urtica dioica* [Carbon dioxide emissions during simulation of repeated waterlogging of a depleted fen peat deposit with the dominant species *Urtica dioica*]. *Prirodnye resursy [Natural resources]*, (2), 5–10. (In Russ., abstr. in Engl.).

Поступила 03.02.2025

#### STAGES OF REWETTING IN THE PEAT EXTRACTED AREA OF THE IVANOVSKOYE FEN PEAT DEPOSIT

**O. RATNIKOVA, V. RAKOVICH, T. YARMOSHUK, I. LISITSYNA, A. BORSH**  
(*Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk*)

*The article was discussed the main stages of rewetting of the cut-away Ivanovskoye fen peat deposit based on eight years of observations. Analysis of the main parameters of groundwater levels (high, average, low annual and monthly values of groundwater levels and amplitude of fluctuations, as well as the course of the curve relative to the earth's surface), values of redox potential, total mineralization, acidity, succession of vegetation and greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub>-eq.) allowed us to conclude that the peatland undergoes three stages of restoration after the implementation of environmental rehabilitation measures. The measures were contributed to an increase in the average annual values of groundwater levels to the level of the earth's surface, the restoration of the species diversity of fen phytocoenoses (currently reed-sedge phytocenoses predominate) and a 2.4-fold reduction in greenhouse gas emissions.*

**Keywords:** *cut-away peatland area, environmental rehabilitation measures, groundwater levels, greenhouse gas emissions, stages of ineffectively draining.*