

# Рекультивация **ДЕГРАДИРОВАННЫХ** ТУНДРОВЫХ почв: БИОХИМИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ эффективности на **ГИДРОФИЗИЧЕСКОЙ** ОСНОВЕ

Представлены результаты биохимического тестирования (на гидрофизической основе) эффективности рекультивации (восстановления плодородия) деградированных тундровых почв Тазовского полуострова (Ямало-Ненецкий автономный округ) на территории добычи природного газа, осуществляемой ООО «Газпром добыча Ямбург». Высокая эффективность рекультивации посредством торфа деградированных почв подтверждается повышением активности фермента дегидрогеназы, зависящей от влажности реакционной среды. Данное лабораторное биохимическое тестирование эффективности рекультивации деградированных почв, проведенное в пределах одного месяца, является альтернативой многолетним полевым наблюдениям.



## Введение

**В** условиях Крайнего Севера при проезде техники, связанной с осуществлением геологоразведочных работ, бурением скважин и обустройством промыслов по добыче природного газа, не исключаются механические воздействия на почвенно-растительный покров, при которых тундровые почвы деградируют, т.е. лишаются растительности и органогенного слоя, а минеральные горизонты выходят на дневную поверхность [1]. Известно также, что при уничтожении растительности на склоновых участках возникает эрозия почвы под действием водных потоков, приводящая к оврагообразованию и изменению рельефа местности. В этой

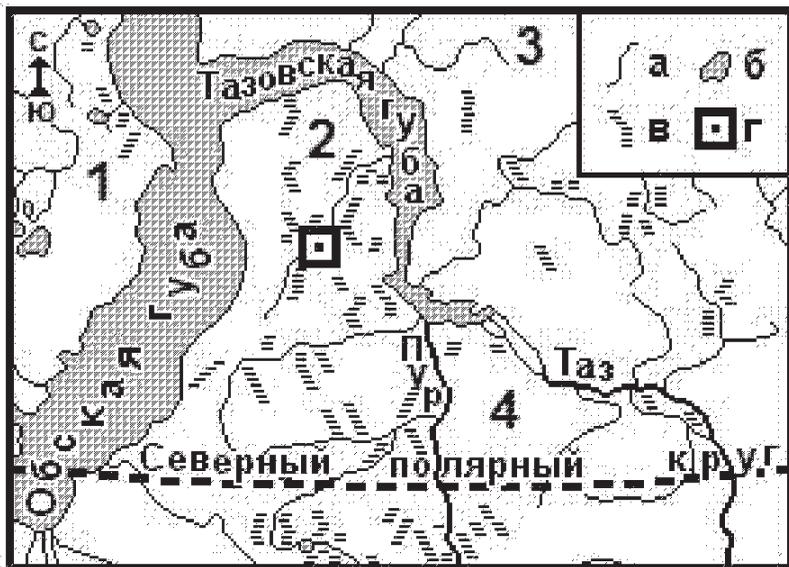
**Р.В. Галиулин\***, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН Институт фундаментальных проблем биологии Российской академии наук

**В.Н. Башкин**, доктор биологических наук, начальник лаборатории, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

связи особое значение придается рекультивации деградированных тундровых почв, в частности, Тазовского полуострова, где ООО «Газпром добыча Ямбург», кроме междуречья рек Пур и Таз, проводит геологоразведочные работы и осуществляет добычу газа и газового конденсата и их подготовку к транспортировке [2].

Тазовский полуостров находится на севере Западно-Сибирской равнины в Ямало-Ненецком автономном округе между Обской губой (морским заливом) на западе и Тазовской губой на востоке (рис. 1). Поверхность полуострова равнинная, покрыта многочисленными мелкими озерами, а также болотами, слабо наклонена на востоке к Тазовской губе и падает крупными обрывами на западе к Обской губе. Полуостров представляет собой мохово-лишайниковую

\*Адрес для корреспонденции: galiulin-rauf@rambler.ru



**Рис. 1.** Карта-схема территории отбора образцов почв и торфа. 1 – полуостров Ямал; 2 – Тазовский полуостров; 3 – Гыданский полуостров; 4 – междуречье рек Пур и Таз; из легенды: а – реки; б – озера; в – болота; г – район отбора образцов почв и торфа.

и кустарниковую тундру, которую в течение столетий на всем ее протяжении местное население использовало и продолжает использовать для пастбищного оленеводства.

ООО «Газпром добыча Ямбург» в своей производственной деятельности руководствуется соблюдением баланса экономических, социальных и экологических составляющих общеизвестной концепции устойчивого развития [2]. Одним из основополагающих принципов экологической составляющей данной концепции, которо-

**Р.А. Галиулина,**  
научный сотрудник, ФГБУН  
Институт фундаментальных проблем биологии  
Российской академии наук

го придерживается ООО «Газпром добыча Ямбург», является минимизация техногенного воздействия с целью сохранения окружающей среды в зонах размещения своих производственных объектов, что реализуется, в частности, в виде рекультивации (восстановления плодородия) деградированных тундровых почв. Так, например, почвы, лишённые растительности и органического слоя, покрывают смесью торфа и песка (в отношении 1:4) толщиной до 5–6 см, что, в конечном счете, должно ускорить восстановление коренной растительности и, следовательно, самой почвы [1].

Однако в условиях сурового климата тундры с характерным коротким и прохладным летом об эффективности рекультивации деградированных почв можно будет судить по факту регенерации на них коренной растительности только спустя десятки лет после начала рекультивации [3]. Поэтому становится крайне важной предварительная экспрессная оценка эффективности рекультивации деградированных почв путем проведения лабораторных опытов в контролируемых гидротермических условиях с анализом ключевых показателей процесса формирования почвенного плодородия. К числу таких показателей можно отнести активность такого органического катализатора белковой природы, как фермента дегидрогеназы, продуцируемой микроорганизмами и растениями и широко применяемой при оценке типов почвы, плодородия и окультуренности почв, эффективности ремедиационных приемов и т.д. Дегидрогеназа катализирует реакции дегидрирования (отщепления атомов водорода) органических веществ (углеводов,

**Таблица 1**

**Гидрофизическая характеристика образцов почв и торфа**

Образец	Плотность (объемная масса), г/см <sup>3</sup>	Капиллярная влагоемкость, %	Полная влагоемкость, %
Торфяно-глеезём типичный тундровый	0,4	216	315
Торф	0,4	216	420
Деградированная почва без растительности	1,7	25	32
То же + торф, 4:1	1,0	66	80
Деградированная почва с растительностью	1,5	37	43
То же + торф, 4:1	0,9	78	102

спиртов, органических кислот и др.), поступающих в почву с растительными остатками. При этом активность дегидрогеназы зависит от влажности почвы, которая определяет нормальное физиологическое состояние микроорганизмов и растений, как продуцентов ферментов данного вида в почве, а также поддерживает в реакционном состоянии ферменты и их субстраты (углеводы, спирты, органические кислоты и др.), т.е. катализируемые вещества.

Цель данной работы состояла в биохимическом тестировании эффективности рекультивации посредством торфа деградированных тундровых почв Тазовского полуострова на территории добычи природного газа путем анализа активности дегидрогеназы на гидрофизической основе в лабораторных условиях.

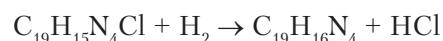
## Материалы и методы исследования

Для исследования отбирали образцы из слоя 0–6 см двух деградированных тундровых почв, представляющих собой по гранулометрическому составу связный песок, т.е. содержание в почве глины составляло 5–10 %, песка — 90–95 %. Образцы отбирали в районе расположения установок комплексной подготовки газа ООО «Газпром добыча Ямбург», обеспечивающих сбор и обработку природного газа и газового конденсата в со-

**Ключевые слова:** деградированная почва, рекультивация, торф, биохимическое тестирование, активность фермента дегидрогеназы

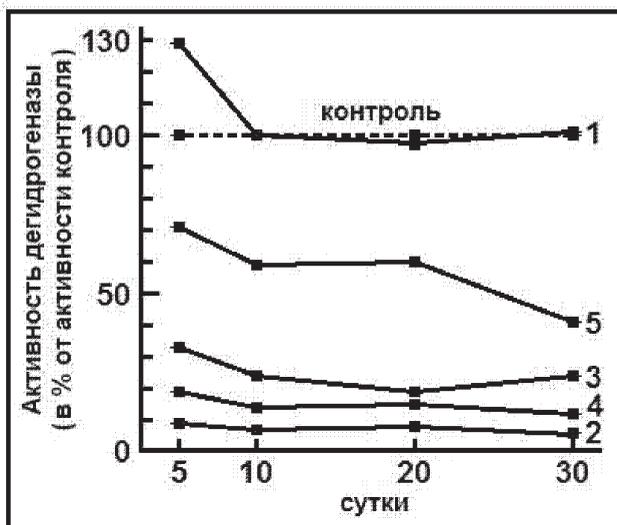
ответствии с требованиями отраслевых и государственных стандартов. На одном участке растительность отсутствовала, на другом участке отмечалось фрагментарное восстановление растительности в виде отдельных представителей травяно-злаковой ассоциации и мхов. Содержание органического углерода в почве без растительности составляло 0,2 %, в почве с растительностью — 0,9 %. Для рекультивации деградированных почв применяли торф с зольностью 54 %, который добавляли в почву в отношении 1:4. Здесь под зольностью понимается содержание золы в сухом органическом материале, получаемой при нагревании последнего до температуры 800 °С. В качестве эталона использовали органогенный слой толщиной 0–10 см торфяно-глеезёма типичного тундрового с зольностью 39 %. Гидрофизическая характеристика образцов исследуемых почв и торфа, установленная опытным путем приведена в *табл. 1*. Здесь с такими физическими показателями образца как плотность или объемная масса связаны его гидрофизические свойства — капиллярная влагоемкость, т.е. то количество воды, которое может удерживаться в образце силами поверхностного натяжения, а также полная влагоемкость, т.е. наибольшее количество воды, которое может вместить и удержать образец при затоплении всех пор водой.

Для биохимического тестирования эффективности рекультивации деградированных почв образцы массой 50 г исходных почв и чистого торфа, а также почв после добавления торфа, увлажненные до 70 % от полной влагоемкости, инкубировали в чашках Петри в термостате при температуре 30 °С. На 5, 10, 20 и 30 сут анализировали активность дегидрогеназы образцов по методике [4]. Для количественного определения активности дегидрогеназы использовали 2,3,5-трифенилтетразолийхлорид ( $C_{19}H_{15}N_4Cl$ , 2,3,5-ТТХ), бесцветное вещество, который, акцептируя мобилизованный дегидрогеназой водород, превращается в почве (торфе) в 2,3,5-трифенилформазан ( $C_{19}H_{16}N_4$ , **2,3,5-ТФФ**), вещество красного цвета:



Образующийся в почве (торфе) 2,3,5-ТФФ экстрагировали этиловым спиртом, интенсивность окрашивания вытяжек которого измеряли спектрофотометрически при длине волны 490 нм. Активность дегидрогеназы выражали в мкг или мг 2,3,5-ТФФ/(г·сут).





**Рис. 2.** Динамика активности дегидрогеназы образцов почв и торфа. Контроль — торфяно-глеезём типичный тундровый; 1 — торф; 2 — деградированная почва без растительности; 3 — деградированная почва без растительности с добавлением торфа (1:4); 4 — деградированная почва с растительностью; 5 — деградированная почва с растительностью с добавлением торфа (1:4).

## Результаты и их обсуждение

Данные рис. 2 показывают, что в течение всего периода наблюдения добавление торфа, как природного образования, состоящего из растительных остатков и продуктов их разложения (гумуса), существенно повышало активность дегидрогеназы деградированной почвы без растительности и особенно почвы с растительностью, соответственно, на 11–23 % и 29–52 % относительно почв без добавления торфа. Как видно, дегидрогеназа реагировала на поступление в почвы торфа, что выразилось в интенсификации реакции дегидрирования значительной массы органических веществ растительного происхождения по сравнению с исходным их низким содержанием в деградированных почвах. Таким образом, подтверждается высокая эффективность рекультивации посредством торфа деградированных почв. При этом активность дегидрогеназы чистого торфа не только достигала соответствующей активности торфяно-глеезёма типичного тундрового, взятого в качестве эталона, но и в первые 5 сут была выше на 29 %.

Доказательством адекватности использования активности дегидрогеназы для биохимического тестирования эффективности рекультивации посредством торфа деградированных почв послужили результаты корреляционного и регрессионного анализа экспериментальных данных. Так, расчет ко-

эффициента корреляции ( $r$ ), указывающего на направление и степень сопряженности в изменчивости признаков, показал наличие сильной корреляционной зависимости между активностью дегидрогеназы и плотностью (объемной массой) образцов ( $r = -0,95$ ), активностью дегидрогеназы и капиллярной влагоемкостью ( $r = 0,95$ ), а также активностью дегидрогеназы и полной влагоемкостью ( $r = 0,95$ ) образцов. Соответствующие формулы корреляционной зависимости, т.е. уравнения линейной регрессии, позволяющие судить о том, как количественно меняется результирующий признак ( $y$ ) при изменении факториального ( $x$ ) на единицу измерения, имеют следующий вид:

$$y = 76,9 - 44,4x;$$

$$y = 2,74 + 0,28x;$$

$$y = 7,71 + 0,15x.$$

Как оказалось, чем меньше плотность (объемная масса) и, соответственно, больше капиллярная и полная влагоемкости, обусловленные в основном органической составляющей образцов, тем выше активность дегидрогеназы. Это подтверждается данными работы [5], в которой отмечалось повышение активности дегидрогеназы с возрастанием влажности или потенциала почвенной влаги в различных почвах. Последний показатель характеризуется давлением, измеряемым в отрицательных атмосферах, которое нужно приложить, чтобы при данных условиях началось удаление молекул воды из образца. Значительное влияние влажности на активность дегидрогеназы почвы (торфа) связано с тем, что влага определяет нормальное физиологическое состояние микроорганизмов и растений, как продуцентов ферментов, а также поддерживает в реакционном состоянии ферменты и их субстраты (углеводы, спирты, органические кислоты и др.).

## Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволяют прийти к выводу о возможности биохимического тестирования на гидрофизической основе эффективности рекультивации посредством торфа деградированных тундровых почв на территории добычи природного газа. Корректность оценки эффективности рекультивации деградированных почв по активности дегидрогеназы подтверждается наличием сильных корреляционных зависимостей между этим ключевым показателем плодородия и гидрофизическими свойствами почв и торфа. Данное

лабораторное биохимическое тестирование эффективности рекультивации деградированных почв, проведенное в пределах одного месяца, является альтернативой многолетним полевым наблюдениям.

## Литература

1. Андреев О.П. Защита и восстановление земель и ландшафтов Крайнего Севера при добыче газа / О.П. Андреев, Г.П. Ставкин, И.Л. Левинзон, И.Б. Перепелкин, С.А. Лобастова // Экология и промышленность России. 2003. №6. С. 4-9.
2. Андреев О.П. Решение проблемы геоэкологических рисков в газовой промышленности. Обзорная информация / О.П. Андреев, В.Н.

Башкин, Р.В. Галиулин, А.К. Арабский, О.В. Маклюк. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2011. 78 с.

3. Васильевская В.Д. Биологические показатели деградации и самовосстановления почвенно-растительного покрова тундр / В.Д. Васильевская, В.Я. Григорьев // Сибирский экологический журнал. 2002. Т. IX. №3. С. 355-370.

4. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. Методическое пособие. М.: Наука, 1976. 180 с.

5. Павлючук З. Влияние потенциала (давления) почвенной влаги на активность дегидрогеназы в почвах / З. Павлючук, И.В. Асеева, И.И. Судницын // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 1982. №2. С. 60-63.



R.V. Galiulin, V.N. Bashkin, R.A. Galiulina

## RECOLTIVATION OF DEGRADED TUNDRA SOILS: BIOCHEMICAL TESTING OF EFFECTIVENESS ON HYDROPHYSICAL BASE

Results of biochemical testing (on hydrophysical base) of recultivation (fertility restoration) effectiveness of degraded tundra soils of the Tazovskii peninsula (Yamalo-Nenets Autonomous Area) on territory of natural gas production carried out by Gazprom dobycha Yamburg LLC are presented. High effectiveness of degraded soil recultivation by means of peat is proved by increase of dehydrogenase activity depending on humidity of reaction medium. The present laboratory biochemical testing of the effectiveness carried out within one month is alternative to long-term field observations.

**Key words:** degraded soil, recultivation, peat, biochemical testing, dehydrogenase activity