

УДК 631.4:502.76

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2017

# Риск нарушенных почв Тазовского полуострова (Ямало-Ненецкий автономный округ)

**А. К. Арабский,**ООО «Газпром добыча Ямбург»,  
Ямало-Ненецкий автономный  
округ, г. Новый Уренгой**В. Н. Башкин,**ФГБУН Институт физико-  
химических и биологических  
проблем почвоведения РАН,  
Московская область,  
г. Пущино**Р. В. Галиулин,****Р. А. Галиулина,**ФГБУН Институт  
фундаментальных проблем  
биологии РАН,  
Московская область,  
г. Пущино

## Аннотация

Оценивается риск нарушенных тундровых почв Тазовского полуострова (Ямало-Ненецкий автономный округ) в районе производственной деятельности ООО «Газпром добыча Ямбург». Проблема риска нарушенных почв решается путем их рекультивации с использованием торфа и определения эффективности данного процесса посредством биохимического анализа почв.

**Ключевые слова:** нарушенная почва, риск, рекультивация, торф, биохимический анализ.

## Содержание

Введение

1. Материалы и методы исследования

2. Результаты и их обсуждение

Заключение

Литература

## Введение

Тазовский полуостров находится на севере Западно-Сибирской равнины в Ямало-Ненецком автономном округе (67°15' с. ш., 74°40' в. д.) между Обской губой (морским заливом) на западе и Тазовской губой на востоке (рис.) [1]. Поверхность полуострова равнинная, покрыта многочисленными озерами и болотами, слабо наклонена на востоке к Тазовской губе и падает крупными обрывами на западе к Обской губе. Тазовский полуостров с характерными для тундры мохово-лишайниковыми, луговыми, болотными и кустарниковыми растительными ассоциациями представляет собой идеальные условия для пастбищного оленеводства.

Вместе с тем Тазовский полуостров располагает уникальными месторождениями природного газа, на которых дочерняя компания ПАО «Газпром» — ООО «Газпром добыча Ямбург» проводит геолого-разведочные работы, обустройство и разработку новых месторождений, а также осуществляет добычу газа и газового конденсата и их подготовку к транспорту. В процессе подобного рода производственной деятельности не исключаются, в частности, механические воздействия на почвенно-растительный покров при проезде техники, связанной с осуществлением разведки, бурением скважин и обустройством промыслов. В результате тундровые почвы частично или полностью лишаются растительного покрова и органогенного слоя, при этом минеральные горизон-

ты выходят на дневную поверхность и изменяется криогенная обстановка [2—4]. Однако почва обладает самовосстановлением плодородия, обусловленным постепенной регенерацией на ней растительного покрова. Так, на дренированных участках, не затронутых необратимыми криогенными процессами (термоэрозией, солифлюкцией и термокарстом), начальный период самовосстановления почв характеризуется заселением различными видами травяно-злаковой ассоциации, не характерными для естественных сообществ. При высокой продуктивности заселяемых видов, большом количестве растительного опада, бурном развитии дернового процесса происходит интенсивное накопление гумуса в верхних горизонтах почв. Завершающий период регенерации растительного покрова характеризуется вытеснением видов травяно-злаковой ассоциации коренными для тундры растениями — мхами и лишайниками.

Между тем ООО «Газпром добыча Ямбург», следуя принципам триединой концепции устойчивого развития (sustainable development), во всех аспектах своей производственной деятельности руководствуется соблюдением баланса между экономическими, социальными и экологическими ее составляющими [1]. Одними из основополагающих принципов экологической политики данной компании являются минимизация негативного воздействия и сохранение окружающей среды в зоне размещения ее производственных объектов, что реализуется, в частности, в рекультивации нарушенных тундровых почв. Так, например, на почвах, лишенных органогенного слоя, создается плодородный слой (толщиной 5—6 см) путем покрытия смесью торфа и песка в соотношении 1:4 [4].

Применение торфа для рекультивации нарушенных почв неслучайно, так как эта органогенная порода состоит не только из не полностью разложившихся остатков растений, но и продукта их разложения в виде гумуса, включающего, в частности, гуминовые кислоты, характеризующиеся высоким содержанием углерода, и все необходимые для растений питательные элементы. Из таких трех элементов питания, как азот, фосфор и калий, в торфе больше всего содержится азота (до 3,5%). Кроме того, торф обладает определенным пулом различных физиологических групп микроорганизмов



Рисунок. Карта-схема территории отбора образцов почв и торфа ( $68^{\circ}09'$  с. ш.,  $76^{\circ}02'$  в. д.): 1 — полуостров Ямал; 2 — Тазовский полуостров; 3 — Гыданский полуостров; 4 — междуречье рек Пур и Таз; а — реки; б — озера; в — болота; г — условный район отбора образцов почв и торфа для исследований *in vitro*

(аммонификаторы-аэробы, споровые бактерии, олигонитрофилы, грибы, нитрификаторы, денитрификаторы, маслянокислые бактерии), участвующих в разложении органического вещества торфа, что делает доступным для растений элементы питания [5]. Примечательно также, что темный цвет торфа способствует поглощению тепла и быстрому прогреву почвы, что особенно важно при ее рекультивации в условиях Крайнего Севера.

Однако в условиях сурового климата тундры об эффективности рекультивации почв с использованием торфа можно будет судить по факту регенерации на них растительного покрова только спустя десятки лет после начала этого мероприятия [3, 4]. Поэтому становится крайне важной разработка подхода по оперативной оценке эффективности рекультивации нарушенных почв в условиях *in vitro* посредством их биохимического анализа, т.е. определения активности ферментов как ключевых показателей процесса восстановления почвенного плодородия.

Цель работы — решение проблемы риска нарушенных почв Тазовского полуострова путем их рекультивации с использованием торфа и оперативной оценки эффективности данного процесса посредством биохимического анализа почв.

## 1. Материалы и методы исследования

Усредненные образцы из слоя 0—6 см двух нарушенных тундровых почв подзолистого типа, представляющих собой по гранулометрическому составу связный песок, были отобраны на участках в районе расположения установок комплексной подготовки газа, обеспечивающих сбор и обработку природного газа и газового конденсата в соответствии с требованиями отраслевых и государственных стандартов. Здесь под связным песком понимается содержание физической глины (частицы < 0,01 мм) в почве в количестве 5—10%. На одном участке растительный покров отсутствовал, на другом участке отмечалась регенерация растительного покрова в виде отдельных представителей травяно-злаковой ассоциации и мхов. Содержание  $C_{орг}$  в почве без растительного покрова было 0,2%, а с растительным покровом — 0,9%. В опытах для рекультивации нарушенных почв применяли торф, добавляемый в почву в соотношении 1:4. В качестве почвенного эталона сравнения использовали слой 0—10 см торфяно-глеезема типичного тундрового [6]. Краткая физико-химическая характеристика исследуемых образцов почв и торфа приведена в табл. 1.

Для оценки эффективности рекультивации нарушенных почв образцы массой 50 г без добавления и с добавлением торфа, увлажненные до 70% от полной влагоемкости, инкубировали в чашках Петри в термостате при температуре 30 °С. Здесь под полной влагоемкостью понимается то наибольшее количество влаги, которое содержится в почве при полном насыщении всех ее пор. В динамике на 5-е, 10-е, 20-е и 30-е сут проводили биохимиче-

ский анализ почв посредством определения активности каталазы и дегидрогеназы соответственно газометрическим и спектрофотометрическим методами, защищенными патентами Российской Федерации [7, 8].

## 2. Результаты и их обсуждение

Известно, что из исследуемых ферментов каталаза инициирует реакцию разложения пероксида водорода на воду и кислород, образующегося в процессе дыхания микроорганизмов и в результате различных биохимических реакций окисления органических веществ. Активность каталазы почв принято рассматривать как показатель не только функциональной активности микрофлоры, но и сохранности ферментов в постмортальном растительном материале [9]. Что касается дегидрогеназы, то ее роль заключается в катализе реакции дегидрирования (отщеплении водорода) органических веществ (углеводов, спиртов и органических кислот), поступающих с растительными остатками. Регрессионный анализ выявил высокую положительную сопряженность (квадрат коэффициента корреляции,  $r^2 = 0,90—0,98$ ) активности каталазы и дегидрогеназы по типу линейной функции, что заключается в передаче отщепляемого дегидрогеназой водорода кислороду воздуха с образованием воды и (или) пероксида водорода, последующее разложение которого осуществляет каталаза.

Данные табл. 2 показывают, что наиболее близкой к активности каталазы торфяно-глеезема типичного тундрового, принятой за 100%, была соответствующая активность нарушенной почвы с растительным покровом, которая за пери-

Физико-химическая характеристика образцов почв и торфа Тазовского полуострова

Таблица 1

| Образец                                    | Плотность, г/см <sup>3</sup> | Капиллярная влагоемкость, % | Полная влагоемкость, % | pH <sub>вод</sub> |
|--------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------|
| Торфяно-глеезем типичный тундровый         | 0,39                         | 216                         | 315                    | 5,1               |
| Торф                                       | 0,40                         | 216                         | 420                    | 5,4               |
| Нарушенная почва без растительного покрова | 1,71                         | 25                          | 32                     | 5,9               |
| То же + торф, 4:1                          | 1,04                         | 66                          | 80                     | 5,1               |
| Нарушенная почва с растительным покровом   | 1,54                         | 37                          | 43                     | 5,1               |
| То же + торф, 4:1                          | 0,89                         | 78                          | 102                    | 5,3               |

*Динамика активности ферментов нарушенных почв Тазовского полуострова при их рекультивации с использованием торфа*

Таблица 2

| Образец                                    | Активность каталазы/дегидрогеназы, в % от активности торфяно-глеезема типичного тундрового |           |           |            |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|------------|
|                                            | сутки                                                                                      |           |           |            |
|                                            | 5                                                                                          | 10        | 20        | 30         |
| Торф                                       | 43,8/128,5                                                                                 | 40/100    | 53,8/96,7 | 63,6/101,2 |
| Нарушенная почва без растительного покрова | 25,0/9,2                                                                                   | 20,0/6,7  | 23,1/7,6  | 27,3/5,9   |
| То же + торф, 4:1                          | 25,0/32,6                                                                                  | 20,0/23,9 | 23,1/19,0 | 27,3/23,7  |
| Нарушенная почва с растительным покровом   | 75,0/18,6                                                                                  | 73,3/13,6 | 61,5/15,1 | 72,7/11,9  |
| То же + торф, 4:1                          | 37,5/70,5                                                                                  | 40,0/58,6 | 61,5/59,9 | 54,5/41,0  |

од наблюдения составляла 61,5—75,0%, что выше активности даже торфа, используемого для рекультивации почв. Это позволяет сделать вывод о значимом вкладе растений в биохимическую активность почвы через постмортальный растительный материал благодаря сохраняющимся в нем ферментам. Как видно, регенерация растительного покрова как самовосстановление нарушенной почвы диагностировалась путем повышения активности каталазы.

Противоположная картина наблюдалась в случае активности дегидрогеназы, как известно, коррелирующей с общим количеством микроорганизмов в почве, при определении которой реально анализируется соответствующая функциональная активность микрофлоры, ферменты которой воздействуют на субстраты дегидрирования (углеводы, спирты и органические кислоты) [9]. Так, за весь период наблюдения добавление торфа существенно повышало активность дегидрогеназы нарушенной почвы без растительного покрова, и особенно с растительным покровом, т.е. эффективность рекультивации нарушенных почв с помощью торфа четко диагностировалась путем повышения активности данного фермента. Что касается активности дегидрогеназы самого торфа, то она не только достигала соответствующей активности фермента торфяно-глеезема типичного тундрового, но и в первые 5 сут была выше на 28,5%.

Доказательством адекватности использования активности дегидрогеназы при оценке эффектив-

ности рекультивации нарушенных почв с помощью торфа послужили результаты корреляционного и регрессионного анализа данных опыта. Так, расчет коэффициента корреляции, указывающего на направление и степень сопряженности в изменчивости признаков, показал наличие сильной корреляционной зависимости между активностью дегидрогеназы и удельным весом 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 результативный признак ( $y$ ) при изменении факторального ( $x$ ) на единицу измерения, имели следующий вид:

$$y = 76,9 - 44,4x; y = 2,74 + 0,28x; y = 7,71 + 0,15x.$$

Как оказалось, чем меньше удельный вес и соответственно больше капиллярная и полная влагоемкость, определяемая в значительной степени органической составляющей используемых образцов, тем выше активность дегидрогеназы. Это подтверждается данными работ [9, 10], где отмечалось повышение активности дегидрогеназы с возрастанием влажности в различных почвах. Ведущее значение влажности в активности дегидрогеназы почвы связано с тем, что влага определяет нормальное физиологическое состояние микроорганизмов и растений, продуцирующих ферменты в почве,

а также поддерживает в реакционном состоянии ферменты и их субстраты (углеводы, спирты и органические кислоты).

## Заключение

Таким образом, оперативная оценка в условиях эксперимента *in vitro* эффективности рекультивации нарушенных тундровых почв Тазовского полуострова с использованием торфа показала возможность научно обоснованного подхода к широкомасштабной рекультивации нарушенных почв *in situ* в районе производственной деятельности ООО «Газпром добыча Ямбург».

## Литература

1. Андреев О.П., Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Арабский А.К., Маклюк О.В. Решение проблемы геоэкологических рисков в газовой промышленности. Обзорная информация. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2011. 78 с.
2. Васильевская В.Д., Кирилишин В.В. Антропогенные нарушения почвенного покрова в южной тундре Ямала и мероприятия по их предотвращению // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 1993. № 4. С. 3—9.
3. Васильевская В.Д., Григорьев В.Я. Биологические показатели деградации и самовосстановления почвенно-растительного покрова тундр // Сибирский экологический журнал. 2002. Т. IX. № 3. С. 355—370.
4. Андреев О.П., Ставкин Г.П., Левинзон И.Л., Перепелкин И.Б., Лобастова С.А. Защита и восстановление земель и ландшафтов Крайнего Севера при добыче газа // Экология и промышленность России. 2003. № 6. С. 4—9.
5. Емельянова Т.Я., Крамаренко В.В. Обоснование методики изучения деформационных свойств торфа с учетом изменения степени его разложения // Известия Томского политехнического университета. 2004. Т. 307. № 5. С. 54—57.
6. Хренов В.Я. Почвы криолитозоны Западной Сибири: морфология, физико-химические свойства, геохимия. Новосибирск: Наука, 2011. 211 с.
7. Башкин В.Н., Бухгалтер Э.Б., Галиулин Р.В., Коняев С.В., Калинина И.Е., Галиулина Р.А. Патент на изобретение № 2387995. Российская Федерация. Способ контроля очистки почв, загрязненных углеводородами, и нейтрализации углеводородных шламов посредством анализа активности каталазы // Бюллетень. Изобретения. Полезные модели. 2010. № 12 (IV ч.). С. 938.
8. Башкин В.Н., Бухгалтер Э.Б., Галиулин Р.В., Коняев С.В., Калинина И.Е., Галиулина Р.А. Патент на изобретение № 2387996. Российская Федерация. Способ контроля очистки почв, загрязненных углеводородами, и нейтрализации углеводородных шламов посредством анализа активности дегидрогеназы // Бюллетень. Изобретения. Полезные модели. 2010. № 12 (IV ч.). С. 938—939.
9. Ефремова Т.Т., Овчинникова Т.М. Сезонная оксидуктазная активность осушенных торфяных почв в связи с гидротермическими условиями среды // Сибирский экологический журнал. 2008. Т. XV. № 3. С. 441—449.
10. Павлючук З., Асеева И.В., Судницын И.И. Влияние потенциала (давления) почвенной влаги на активность дегидрогеназы в почвах // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 1982. № 2. С. 60—63.

## Сведения об авторах

**Арабский Анатолий Кузьмич:** доктор технических наук, заместитель главного инженера ООО «Газпром добыча Ямбург»

Число публикаций: 231

Область научных интересов: геоэкология, устойчивое развитие газовой промышленности

*Контактная информация:*

Адрес: 629300, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Новый Уренгой, ул. Геологоразведчиков, д. 9

Тел.: +7 (3494) 96-60-73

E-mail: a.arabskii@mail.ru

**Башкин Владимир Николаевич:** доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБУН Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (ИФХиБПП РАН)

Число публикаций: более 300

Область научных интересов: биогеохимия и геоэкология

*Контактная информация:*

Адрес: 142290, Московская область, г. Пушкино, ул. Институтская, д. 2

Тел.: +7 (4967) 73-02-81

E-mail: vladimir.bashkin@rambler.ru

**Галиулин Рауф Валиевич:** доктор географических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт фундаментальных проблем биологии РАН (ИФПБ РАН)

Число публикаций: 441

Область научных интересов: геоэкология и биогeoхимия

*Контактная информация:*

Адрес: 142290, Московская область, г. Пущино, ул. Институтская, д. 2

Тел.: +7 (4967) 33-14-53

E-mail: galiulin-rauf@rambler.ru

**Галиулина Роза Адхамовна:** научный сотрудник ФГБУН Институт фундаментальных проблем биологии РАН (ИФПБ РАН)

Число публикаций: 264

Область научных интересов: геоэкология и биогeoхимия

*Контактная информация:*

Адрес: 142290, Московская область, г. Пущино, ул. Институтская, д. 2

Тел.: +7 (4967) 33-14-53

E-mail: rosa\_g@rambler.ru