

УДК 631.4:502.76

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2017

Риск нарушенных и загрязненных почв острова Белый (Карское море)

В. Н. Башкин,
А. О. Алексеев,
ФГБУН Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Московская область, г. Пушкино

Р. В. Галиулин,
Р. А. Галиулина,
ФГБУН Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Московская область, г. Пушкино

А. К. Арабский,
ООО «Газпром добыча Ямбург»,
Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Новый Уренгой

Аннотация

Установлено наличие нарушенных и загрязненных почв на острове Белый (Карское море) как следствие длительного функционирования полярной инфраструктуры. Проблема риска нарушенных и загрязненных почв решается путем их рекультивации с использованием торфа и получаемого из него стимулятора роста и развития растений — гумата калия. Возможность подобной рекультивации почв, проводимой с учетом их полной влагоемкости, оценивалась в условиях *in vitro* эксперимента посредством биохимического анализа. Такой методологический подход позволяет оперативно получить необходимую информацию для проведения широкомасштабной *in situ* рекультивации почв.

Ключевые слова: нарушенные и загрязненные почвы, полная влагоемкость, рекультивация, торф, гумат калия, биохимический анализ.

Содержание

Введение

1. Концепция рекультивации почв
2. Этап подготовки к рекультивации почв
3. Этап собственно рекультивации почв

Заключение

Литература

Введение

Остров Белый находится в Карском море севернее полуострова Ямал и входит в состав Ямало-Ненецкого автономного округа (67°15' с. ш., 74°40' в. д.), (рис.) Площадь острова составляет 1900 км², а его поверхность по рельефу равнинная и покрыта тундровой растительностью. На острове много термокарстовых озер, образованных в результате неравномерного проседания почв и подстилающих горных пород вследствие вытаивания подземного льда. С 1933 г. на острове существует полярная гидрометеорологическая станция им. М. В. Попова. К этому острову сейчас привлечено внимание общественности, поскольку он выбран для начала осуществления программы по очистке Арктики от мусора и отходов, накопившихся в процессе длительного функционирования полярной инфраструктуры [1, 2].

Недавнее обследование части территории острова Белый, проведенное нами в 2015 г., показало, что здесь имеются участки как с нарушенными почвами, т. е. лишенными растительного покрова и верхнего органогенного слоя, так и с загрязненными почвами вследствие складирования на них топлива в виде каменного угля. Кроме того, другими исследователями [2] на острове было зафиксировано скопление бочек из-под углеводородного горючего. При этом, как ока-

залось, пролившаяся из бочек жидкая субстанция постепенно загрязняет территорию, распространяясь по поверхности и по подошве сезонно оттаивающего слоя почвы. В результате возникла геоэкологическая проблема, требующая оперативного решения, чтобы избежать полной деградации почвенного покрова, а следовательно, сохранить аборигенную флору и фауну заполярного острова.

Между тем нарушенные почвы обладают самовосстановлением, происходящим путем постепенного ее заселения растениями, затем поступления растительного опада, развития дернового процесса и накопления гумуса [3]. Что касается почв, загрязненных углеводородным горючим, то их самоочищение, обычно осуществляемое углеводородокисляющими микроорганизмами, может происходить активно только при содержании данного загрязнителя не более чем 5% от веса почвы. Поэтому в условиях сурового климата Крайнего Севера самовосстановление и самоочищение почвы потребуют продолжительного времени, измеряемого десятками лет. В этой связи представляется вполне рациональным ускорить указанные процессы с использованием приемлемых технологий рекультивации, восстанавливающих нормальные биогеохимические циклы веществ в почвенном покрове.

Целью данной работы явилось решение проблемы риска нарушенных и загрязненных почв острова Белый с использованием технологии рекультивации, включающей применение торфа и получаемого из него стимулятора роста и развития растений — гумата калия. Однако для достижения поставленной цели необходимо было решить 3 задачи: по разработке концепции рекультивации почв, детальному описанию этапа подготовки к рекультивации почв и этапа собственно рекультивации почв.

1. Концепция рекультивации почв

Суть концепции рекультивации нарушенных и загрязненных почв острова Белый состояла в формировании представления о влиянии водно-физического свойства почвы в виде ее полной влагоемкости, а также рекультивирующих средств в форме торфа и получаемого из него препарата гумата калия на данный процесс. Здесь под полной влагоемкостью понимается то наибольшее количество вла-

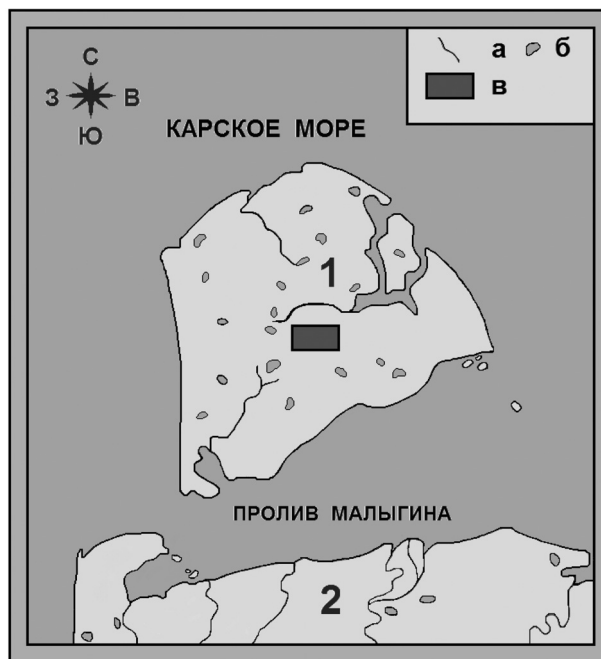


Рисунок. Карта-схема исследуемой территории (73°15' с. ш., 70°50' в. д.). 1 — Остров Белый; 2 — Полуостров Ямал; а — реки; б — карстовые озера; в — условный район отбора образцов нарушенных и загрязненных почв для *in vitro* исследований

ги, которое содержится в почве при полном насыщении всех ее пор. Как известно, почва при полном насыщении влагой всех ее пор превращается в двухфазную систему, состоящую из твердой и жидкой фазы, если не считать ничтожного по объему сорбированного или зажатого количества воздуха, оставшегося в почве [4]. Использование такого критерия рекультивации, как полная влагоемкость, неслучайно, так как для почв Крайнего Севера характерно явление так называемого гидроморфизма, т.е. временного или постоянного переувлажнения, охватывающего сезонно оттаивающий слой, когда количество влаги превышает 70—80% полной влагоемкости.

Что касается применения торфа, то эта органическая 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 необходи-

мые 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 (аммонификаторы-аэробы, споровые бактерии, олигонитрофилы, грибы, нитрификаторы, денитрификаторы, маслянокислые бактерии), участвующих в разложении органического вещества торфа, что делает доступным для растений элементы питания [5]. Именно в этой связи внесение торфа как биоорганического удобрения в нарушенные или загрязненные почвы будет способствовать восстановлению биогеохимического цикла веществ на уровне микробных популяций, функционирование которых диагностируется через биохимический анализ [6, 7]. Значение микробных популяций для почвы состоит не только в количестве поставляемой биомассы (за один год достигает 20—50 т/га), что сближается с наземной биомассой растений, а главным образом в той работе, которую они производят по минерализации органических остатков в почве, так как микроорганизмы, отмирая, высвобождают различные элементы, которые вступают в новые циклы круговорота. Примечательно также, что темный цвет торфа способствует поглощению тепла и быстрому прогреву почвы, что особенно важно при ее рекультивации в условиях Крайнего Севера.

Кроме того, торф вследствие развитой поверхности и наличия углеводородокисляющих микроорганизмов (бактерий, дрожжей и мицелиальных грибов) может служить как сорбентом жидких углеводородов, так и их деструктором [8]. Сорбционная емкость торфа, например, по отношению к нефти достигает 10 г жидкой субстанции на 1 г сухого вещества торфа, а численность углеводородокисляющих микроорганизмов в торфе в 4—5 раз превышает аналогичный показатель для почвы.

Что касается гумата калия (калийной соли гуминовой кислоты), то это вещество положительно влияет на рост и развитие растений: активизируя обменные процессы и обладая мембранотропным клеточным воздействием, повышает устойчивость растений к такому неблагоприятному фактору внешней среды, как низкая температура. Калий, входящий в состав данного вещества, способствует

нормальному течению фотосинтеза, образованию и накоплению в растениях витаминов и стимулирует работу многих ферментов.

Особый интерес вызывает рекультивация почвы, загрязненной каменным углем в результате его складирования на отдельном участке острова Белый в связи с использованием в качестве топлива при функционировании полярной инфраструктуры. Как известно, каменный уголь — это порода, образованная из продуктов разложения растительных остатков в результате их метаморфизма в земной коре в условиях высокого давления и сравнительно высокой температуры, и характеризуется нейтральным составом органической массы. По мнению некоторых исследователей [9], уголь может быть отнесен к числу веществ, к которым хорошо адаптируется как аборигенная микрофлора, так и микроорганизмы, вносимые в виде биопрепаратов, а также растительность.

Оценка эффективности использования торфа для рекультивации почвы осуществляется посредством биохимического анализа, т.е. определения активности, в частности, фермента дегидрогеназы, продуцируемой микроорганизмами. Этот фермент катализирует реакции дегидрирования (отщепления водорода) органических веществ (углеводов, спиртов и органических кислот), поступающих с растительными остатками в почву, и на практике успешно используется в качестве ключевого биохимического показателя процесса восстановления плодородия почвы.

Адекватность использования активности дегидрогеназы при оценке эффективности рекультивации нарушенных и загрязненных почв с различной полной влагоемкостью посредством внесения торфа была ранее нами доказана путем проведения корреляционного и регрессионного анализа данных опыта по активности фермента и полной влагоемкости тундровых почв Тазовского полуострова (68°09' с. ш., 76°02' в. д.; Ямало-Ненецкий автономный округ) [3]. Так, расчет коэффициента корреляции, указывающего на направление и степень сопряженности в изменчивости признаков, показал наличие сильной корреляционной зависимости между активностью дегидрогеназы и полной влагоемкостью ($r = 0,95$) почв. Соответствующая формула корреляционной зависимости, т.е. уравнение

линейной регрессии, позволяющее судить о том, как количественно меняется результирующий признак (y) при изменении факториального (x) на единицу измерения, имело следующий вид:

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

Как оказалось, чем больше была полная влагоемкость почв, тем выше оказалась активность их дегидрогеназы. Ведущее значение влажности для 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).

Итак, с повышением полной влагоемкости нарушенных и загрязненных почв и внесением в них торфа и получаемого из него гумата калия должна возрастать активность дегидрогеназы как таковая, что позволяет вполне обоснованно использовать этот показатель для оценки эффективности рекультивации почв.

2. Этап подготовки к рекультивации почв

На территории острова Белый было отобрано 5 образцов нарушенных и загрязненных почв подзолистого типа, т.е. не насыщенных основаниями (табл. 1). Из них 4 образца по гранулометрическому составу представляли собой супесь и 1 образец — связный песок, отобранный из загрязненного участка, где ранее складировался каменный уголь. Здесь под супесью понимается содержание в ней физической глины (частиц $< 0,01$ мм) в количестве 10—20%, а под связным песком — содержание в нем физической глины в количестве 5—10%.

Почвы различались и по другим показателям: по полной влагоемкости, актуальной кислотности ($pH_{\text{вод}}$) и потенциальной кислотности ($pH_{\text{сол}}$). Здесь под актуальной кислотностью понимается кислотность почвенного раствора, создаваемая углекислотой (H_2CO_3), водорастворимыми органическими кислотами и гидролитически кислыми солями, и которая оказывает непосредственное влияние на развитие микроорганизмов и растений. Под потенциальной кислотностью, т.е. кислотностью твердой фазы почвы, подразумевается кислотность,

обусловленная наличием ионов водорода (H^+) и ионов алюминия (Al^{3+}) в поглощенном состоянии.

Между тем следует отметить тесную связь влагоемкости почвы с гранулометрическим составом исследуемых почв. Так, легкие почвы, т.е. связнопесчаного и супесчаного гранулометрического состава, отличаются низкими значениями влагоемкости, содержания гумуса, элементов питания растений и поглотительной способности, а внесение торфа как рекультивирующего средства может существенно повысить эти показатели.

В нашем случае речь идет об использовании для рекультивации почв местного торфа, т.е. из Ямало-Ненецкого автономного округа. Это неслучайно, потому что местный торф имеет зональные признаки, которые удалось нам доказать путем анализа содержания атомов алифатического, ароматического, полисахаридного и карбоксильного углерода в структурных фрагментах гуминовых кислот гумуса торфа методом ядерно-магнитно-резонансной ^{13}C -спектроскопии [10]. Так, были установлены статистически значимые различия в содержании некоторых видов углерода в гуминовых кислотах гумуса торфа из Ямало-Ненецкого автономного округа и смежного Ханты-Мансийского автономного округа ($62^{\circ}15'$ с. ш., $70^{\circ}10'$ в. д.) (табл. 2). Эти различия отмечаются прежде всего в преобладающем содержании алифатического углерода относительно ароматического углерода в торфе из Ямало-Ненецкого автономного округа как наиболее значимом показателе структуры углеродного скелета гуминовых кислот, что позволило представить полученный результат в качестве первого зонального признака.

Физико-химические свойства образцов нарушенных и загрязненных почв с острова Белый

Таблица 1

№ образца	Классификация по гранулометрическому составу	Полная влагоемкость, %	$pH_{\text{вод}}$	$pH_{\text{сол}}$
1	Супесь	67,9	7,9	7,6
2	Супесь	48,4	6,5	5,5
3	Супесь	40,3	7,0	5,9
4	Связный песок	49,5	6,7	6,2
5	Супесь	44,6	8,0	7,6

Сравнительная оценка содержания различных видов углерода (%) в структурных фрагментах гуминовых кислот гумуса торфа из Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) и Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО)

Таблица 2

Вид углерода	ЯНАО	ХМАО [11]
Алифатический	37,9—54,0	42,2—47,1
Ароматический	14,1—23,2	36,3—42,1
Полисахаридный	23,1—26,8	5,5—13,3
Карбоксильный	7,9—10,1	4,7—8,8

Установленное соотношение этих двух видов углерода свидетельствует о нарушенном гидрофильно-гидрофобном балансе, так как алифатические фрагменты гуминовых кислот являются носителями гидрофильных свойств в отличие от гидрофобных ароматических фрагментов. В то время как практически одинаковый уровень содержания алифатического и ароматического углерода в торфе из Ханты-Мансийского автономного округа доказывает существование в нем гидрофильно-гидрофобного баланса [11]. Существенные различия отмечаются в относительно большем содержании полисахаридного углерода в торфе из Ямало-Ненецкого автономного округа, чем в торфе из Ханты-Мансийского автономного округа, что указывает на значимую роль полисахаридов в формировании гуминовых кислот в местном торфе, что позволило представить полученный результат в качестве второго зонального признака.

В целом выявленные зональные признаки гуминовых кислот гумуса торфа из Ямало-Ненецкого автономного округа подтверждают его совместимость с почвенно-растительным покровом и служат веским основанием для использования местного торфа как биоорганического удобрения для рекультивации нарушенных и загрязненных почв острова Белый. Так называемая совместимость местного торфа с почвенно-растительным покровом Ямало-Ненецкого автономного округа обусловлена, в частности, повсеместным распространением на ненарушенных минеральных и на органогенных (торфяных) почвах данного региона такого многолетнего растения, как сфагновый мох (*Sphagnum*). Это растение, накапливая поступающие с осадками

минеральные вещества и разлагаясь по завершении жизненного цикла, отдает их подстиляющей почве вместе со своей биомассой и является важным источником образования местного торфа.

Кроме того, нами оценивалась возможность получения препарата гумата калия как стимулятора роста и развития растений из местного торфа и вносимого совместно с торфом при осуществлении рекультивации нарушенных и загрязненных почв. Между тем гарантией получения химически чистого и стабильного препарата гумата калия является прежде всего извлечение гуминовых кислот из торфа и их очистка по всем правилам получения химически чистых веществ, когда практически не затрагиваются молекулярные структуры этих кислот [12]. Именно исходя из этого принципа была разработана описанная нами ниже методика получения гумата калия из местного торфа.

Данная методика получения гумата калия из торфа включает следующие этапы:

1) декальцинирование торфа 0,1 н раствором серной кислоты (H_2SO_4) при соотношении 1:20; затем полученную суспензию оставляют на 1 сутки и после ее отстаивания раствор от твердой фазы отделяют декантацией, т.е. путем сливания раствора с осадка;

2) проведение 4—5-кратной экстракции (продолжительностью до 20 часов) гуминовых кислот из полученного осадка 0,1 н раствором гидроксида натрия ($NaOH$) при соотношении 1:15; затем твердую фазу от щелочного раствора отделяют центрифугированием;

3) осаждение (в течение 1 суток) гуминовых кислот из полученного щелочного раствора 10%-м раствором соляной кислоты (HCl) при соотношении 50:1 с последующим отделением осадка центрифугированием;

4) очищение полученного осадка гуминовых кислот путем растворения в 0,5—1,0 л 0,1 н раствора гидроксида натрия ($NaOH$), а также добавления сульфата натрия (Na_2SO_4) для коагуляции минеральных частиц и последующего центрифугирования щелочного раствора; затем гуминовые кислоты осаждают прибавлением 0,1 н раствора соляной кислоты (HCl) до установления pH 1—2; полученный осадок гуминовых кислот многократно промывают дистиллированной водой до установления pH 6 и высушивают в термостате при 50 °C;

5) приготовление из полученного порошка гуминовых кислот маточного 2,5%-го раствора гумата калия посредством добавления в соответствующую навеску 0,1 н раствора гидроксида калия (KOH) и дистиллированной воды с последующим доведением рН искомого раствора до значения, равного 7 единицам; затем из маточного раствора готовят 0,125%-й водный раствор гумата калия для целей рекультивации нарушенных и загрязненных почв.

3. Этап собственно рекультивации почв

Для непосредственного проведения рекультивации нарушенных и загрязненных почв острова Белый необходимое соотношение торф/почва выбирали по показателю полной влагоемкости из табл. 3. В данном случае это соотношение для почвы № 1 составило 1:6, для остальных почв — 1:4. В данной таблице в качестве стартового расчетного соотношения было использовано соотношение торф/песок (1:4), рекомендованное в работе [13] для рекультивации почв, где рыхлый песок из местного песчаного карьера характеризовался низким уровнем полной влагоемкости.

Далее для подтверждения эффективности использования смеси местного торфа с конкретной почвой проводили сравнительный анализ активности дегидрогеназы данной смеси с активностью фермента образцов нарушенных и загрязненных почв в контролируемых гидротермических условиях спектрофотометрическим способом, защищенным патентом Российской Федерации [14]. В результате проведения 30-суточного эксперимента было установлено, что внесение торфа стимулирует активность дегидрогеназы в 1,3—3,0 раза в зависимости от почвы, что позволяет говорить о реальной возможности использования торфа как рекультивирующего средства (табл. 4). Что касается почвы, загрязненной каменным углем (№ 4), то исходная активность дегидрогеназы в ней оказалась даже большей (в 1,2 и 1,9 раза), чем в образцах почв № 1 и № 5, а при добавлении торфа активность фермента возрастала в 2,3 раза. Все это в целом свидетельствует о хорошей адаптации аборигенной микрофлоры и микроорганизмов торфа, продуцирующих данный фермент к каменному углю.

Соотношение торф/почва в зависимости от полной влагоемкости нарушенных и загрязненных почв Таблица 3

Категоризация почвы по уровню ее полной влагоемкости	Полная влагоемкость, %	Соотношение торф/почва
Низкий уровень	40—50	1:4
	50—60	1:5
	60—70	1:6
Высокий уровень	70—80	1:7
	80—90	1:8
	90—100	1:9

Активность фермента дегидрогеназы (мкг 2,3,5-трифенилформазана/(г · сут)) образцов нарушенных и загрязненных почв с острова Белый и смеси торф/почва на 30 сут Таблица 4

№ образца	Вариант	Активность дегидрогеназы
1	Почва	10,5
	Торф/почва (1:6)	20,3
2	Почва	40,4
	Торф/почва (1:4)	122,1
3	Почва	23,0
	Торф/почва (1:4)	30,3
4	Почва	12,6
	Торф/почва (1:4)	29,2
5	Почва	6,7
	Торф/почва (1:4)	18,0

Заключение

Таким образом, исследования, проведенные в условиях *in vitro*, позволяют прийти к заключению о возможности решения проблемы риска нарушенных и загрязненных почв острова Белый путем их рекультивации с использованием торфа и получаемого из него гумата калия. Это позволяет научно обоснованно перейти к широкомасштабной рекультивации нарушенных и загрязненных почв *in situ* в районе функционирования полярной инфраструктуры.

Литература

1. Томашунас В.М., Абакумов Е.В. Содержание тяжелых металлов в почвах полуострова Ямал и острова Белый // Гигиена и санитария. 2014. № 6. С. 26—31.
2. Васильчук А.К., Васильчук Ю.К. Инженерно-геологические и геохимические условия полигональных ландшафтов острова Белый (Карское море) // Инженерная геология. 2015. № 1. С. 50—65.
3. Галиулин Р.В., Башкин В.Н., Галиулина Р.А., Припутина И.В., Арабский А.К. Рекультивация нарушенных тундровых почв Тазовского полуострова с помощью торфа: оценка эффективности посредством анализа активности ферментов // Агрохимия. 2013. № 4. С. 76—80.
4. Ревут И.Б. Физика почв. Л.: Колос, 1972. 368 с.
5. Емельянова Т.Я., Крамаренко В.В. Обоснование методики изучения деформационных свойств торфа с учетом изменения степени его разложения // Известия Томского политехн. ун-та. 2004. Т. 307. № 5. С. 54—57.
6. Ковда В.А. Биогеохимические циклы в природе и их нарушение человеком // Биогеохимические циклы в биосфере. Материалы VII Пленума СКОПЕ. М.: Наука, 1976. С. 19—85.
7. Ивлев А.М. Биогеохимия. М.: Высшая школа, 1986. 127 с.
8. Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И., Терещенко Н.Н., Стахина Л.Д., Панова И.И. Перспективы использования торфа для очистки нефтезагрязненных почв // Биотехнология. 2000. № 1. С. 58—64.
9. Макеева Н.А., Неверова О.А. Обзор методов ускоренной рекультивации нарушенных угледобычей земель // Вестник Красноярского гос. аграрного ун-та. 2016. № 8. С. 77—86.
10. Калабин Г.А., Каницкая Л.В., Кушнарев Д.Ф. Количественная спектроскопия ЯМР природного органического сырья и продуктов его переработки. М.: Химия, 2000. 408 с.
11. Сартаков М.П. Спектроскопия ЯМР ^{13}C гуминовых кислот торфов Среднего Приобья // Химия растительного сырья. 2008. № 3. С. 135—139.
12. Чумак В.А., Сартаков М.П. Опыт изучения условий получения высоких урожаев на Крайнем Севере (Остяко-Вагульский опорный пункт, Ханты-Мансийская опытная станция). Ханты-Мансийск: АУ Технопарк высоких технологий, 2014. 514 с.
13. 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.

14. Арно О.Б., Арабский А.К., Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Галиулина Р.А., Маклюк О.В., Припутина И.В. Патент на изобретение № 2491137. Российская Федерация. Способ контроля эффективности рекультивации нарушенных тундровых почв различного гранулометрического состава посредством анализа активности дегидрогеназы // Изобретения (патенты). М.: ФГБУ ФИПС, 2013. № 24 (1 ч.). С. 141.

Сведения об авторах

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

Алексеев Андрей Олегович: доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБУН Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (ИФХиБПП РАН)

Число публикаций: более 250

Область научных интересов: почвоведение, биогеохимия и геоэкология

Контактная информация:

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

Тел.: +7 (4967) 31-81-50

E-mail: alekseev@issp.serpukhov.su

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 биогеохимия

Контактная информация:

Адрес: 142290, Московская область, г. Пушкино, 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 биогео-
химия

Контактная информация:

Адрес: 142290, Московская область, г. Пущино, ул. Инсти-
тутская, д. 2

Тел.: +7 (4967) 33-14-53

E-mail: rosa_g@rambler.ru

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

Число публикаций: 231

Область научных интересов: геоэкология, устойчивое раз-
витие газовой промышленности

Контактная информация:

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

Тел.: +7 (3494) 96-60-73

E-mail: a.arabskii@mail.ru