

УДК 631.4:502.76+549.25/.28  
DOI: 10.32686/1812-5220-2019-16-42-49

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2019

# Риск загрязнения почв тяжелыми металлами через газопылевые выбросы<sup>1</sup>

**В. Н. Башкин,**

ФГБУН Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Московская область, г. Пушкино

**Р. В. Галиулин,  
Р. А. Галиулina,**

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

Оценивается риск хронического и аварийного загрязнения почв тяжелыми металлами через газопылевые выбросы способом, защищенным патентом Российской Федерации № 2617533 на изобретение, включающим диагностику загрязнения посредством анализа активности фермента дегидрогеназы. Данный способ диагностики позволяет сократить время, повысить точность и качество экспертизы на территориях с неблагоприятной геоэкологической ситуацией.

**Ключевые слова:** высокотемпературные технологические процессы, газопылевые выбросы, тяжелые металлы, почва, хроническое и аварийное загрязнение, диагностика, анализ активности фермента дегидрогеназы.

# Risk of soil contamination by heavy metals through gas-dust emissions

**V. N. Bashkin,**

Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science RAS, Moscow region, Pushchino

**R. V. Galiulin,  
R. A. Galiulina,**

Institute of Basic Biological Problems RAS, Moscow region, Pushchino

**A. K. Arabsky,**

Gazprom Dobycha Yamburg LLC, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, Novy Urengoy

## Annotation

The risk of chronic and emergency contamination of soils by heavy metals through gas-dust emissions by the method protected by the patent of the Russian Federation No. 2617533 on an invention including contamination diagnostics by means of the dehydrogenase enzyme activity analysis is estimated. This method of diagnostics allows to reduce time, to increase the accuracy and quality of examination on territories with an unsuccessful geoecological situation.

**Keywords:** high-temperature technology processes, gas-dust emissions, heavy metals, soil, chronic and emergency contamination, diagnostics, dehydrogenase enzyme activity analysis.

## Содержание

Введение

1. Примеры загрязнения почв тяжелыми металлами через газопылевые выбросы
2. Риск воздействия тяжелых металлов на человека
3. Способ диагностики хронического и аварийного загрязнения почв тяжелыми металлами через газопылевые выбросы

Заключение

Литература

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках темы Миннауки РФ «Физико-химические и биогеохимические процессы в антропогенно загрязненных почвах», № АААА-А18-118013190180-9.

## Введение

Известно, что загрязнение почв тяжелыми металлами, т. е. большой группой химических элементов (в количестве более 40) с атомной единицей массы выше 50 происходит главным образом через газопылевые выбросы при высокотемпературных технологических процессах: сжигании нефти, нефтяного попутного газа, бензина, дизельного и котельного топлива и угля, в металлургии и при обжиге цементного сырья. Тяжелые металлы, попавшие в воздушную среду с газопылевыми выбросами, путем седиментации и с атмосферными осадками, осаждаются на рельеф местности, накапливаются и загрязняют почву [1, 2]. Согласно [3], например, в составе нефти присутствуют соединения таких тяжелых металлов, как ванадий, никель, цинк, медь, железо и другие элементы, содержание которых обычно в пределах  $n(10^{-2}—10^{-7})\%$ . При этом концентрация тяжелых металлов возрастает с повышением удельного веса нефти, т. е. от 0,8 до 1,1 г/см<sup>3</sup>.

Исследования [4], проведенные на площадках буровых скважин, после завершения геологоразведочных работ, на территории Большеземельской тундры (Ненецкий автономный округ, 68°50' с.ш., 54°50' в.д. и Республика Коми, 64°17' с.ш., 54°28' в.д.), показали существование прямой тесной корреляционной связи между содержанием в почве нефти и ряда тяжелых металлов (кадмия, свинца, цинка и никеля). Аналогичная корреляционная связь установлена между концентрациями нефти и кадмия также в поверхностных водах Сургутского района (Ханты-Мансийский автономный округ, 62°15' с.ш., 70°10' в.д.) [5].

Риск загрязнения почвы тяжелыми металлами состоит в том, что эти вещества по конечным звеньям различных трофических цепей (почва-вода, почва-вода-животное, почва-растение, почва-растение-животное и др.), используемым в качестве пищевой продукции, попадают в организм человека, что чревато тяжелыми последствиями для его здоровья. Так, по данным [4], накопление ряда тяжелых металлов (никеля, марганца, свинца, кадмия и кобальта) отмечается в биомассе такого важнейшего кормового растения тундровой зоны, как северюшка рыжеватая (*Arctophila fulva*), хорошо поедаемая оленями, гусями и утками, идущими в пищу

местного населения. Согласно исследованиям [6], проведенным в Ханты-Мансийском автономном округе, свинец, входящий в состав нефти, поступает по вышеуказанным трофическим цепям в организм человека, постепенно накапливается и может вызывать серьезные проблемы со здоровьем. Не менее опасным является пребывание человека на территории, которая подвергается хроническому воздействию газопылевых выбросов, содержащих тяжелые металлы.

Цель данной работы состояла в представлении способа диагностики посредством анализа активности фермента дегидрогеназы, хронического и аварийного загрязнения почв тяжелыми металлами, происходящего через газопылевые выбросы при высокотемпературных технологических процессах. Представленный здесь способ диагностики был защищен патентом Российской Федерации № 2617533 на изобретение [7].

При этом важно было теоретически обосновать значение рассматриваемого способа диагностики путем приведения конкретных примеров загрязнения почв тяжелыми металлами через газопылевые выбросы при высокотемпературных технологических процессах, описания риска воздействия тяжелых металлов на человека и, наконец, представить сам способ диагностики хронического и аварийного загрязнения почв тяжелыми металлами через газопылевые выбросы.

## 1. Примеры загрязнения почв тяжелыми металлами через газопылевые выбросы

Согласно исследованиям [8], проведенным на полуострове Ямал (Ямало-Ненецкий автономный округ, 67°15' с.ш., 74°40' в.д.), постоянное сжигание нефтяного попутного газа при разработке месторождений углеводородов, а также региональный и глобальный перенос газопылевых выбросов вносят ощутимый вклад в загрязнение данной территории тяжелыми металлами. Так, в работе [9] было установлено относительное повышенное содержание свинца, хрома, кобальта, никеля и цинка в снежном покрове лицензионных участков ряда нефтегазоконденсатных месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа (Северопуровского, Западно-Песцового, Самбургского,

Яро-Яхинского, Берегового и Пырейного). При этом источниками загрязнения снежного покрова свинцом и цинком являются факелы сжигания нефтяного попутного газа, регламентный отжиг буровых скважин, работа дизельных установок и автотранспорта, а загрязнение хромом, кобальтом и никелем происходит в результате дальнего их переноса в составе аэрозолей, т.е. частиц от нескольких мкм до менее чем 0,1 мкм. Исследования, проведенные на территории Русского нефтегазового месторождения (Ямало-Ненецкий автономный округ), позволили отнести целый ряд тяжелых металлов (железо, свинец, медь, цинк, никель, кадмий и ртуть) к числу значимых загрязнителей почвы [10]. Результаты исследований [6], проведенных в Ханты-Мансийском автономном округе, показали, что влияние буровых установок на загрязнение почвы тяжелыми металлами сказывается в радиусе 2 км и более, когда свинец, кадмий и другие элементы, содержащиеся в выхлопных газах дизельных приводов буровых установок, а также в саже, образующейся при сжигании попутного нефтяного газа на факельных установках, оседают на почву. Согласно наблюдениям [11], проведенным на территории Васюганской и Лугинецкой групп нефтегазовых месторождений (Томская область, 58°45' с.ш., 82°08' в.д.), содержание свинца, цинка, никеля, хрома и ванадия в почвах старых месторождений оказалось выше соответственно в 3,3, 5,7, 4,0, 4,4 и 2,5 раза, чем в почвах новых месторождений, что свидетельствует о длительном накоплении данных веществ в результате сжигания нефтяного попутного газа. Многолетние исследования, проведенные в районе функционирования Астраханского газового комплекса (Астраханская область, 47°14' с.ш., 47°14' в.д.) и расположенного в его центральной части одноименного газоперерабатывающего завода по добыче и переработке высокосернистого и ртутьсодержащего газового конденсата, показали, что концентрация ртути и суммарное содержание ряда других тяжелых металлов (марганца, хрома, ванадия, никеля, кобальта, меди, цинка, свинца и других элементов) в почвах имеет прогрессирующий характер даже в санитарно-защитной зоне [12]. Это связано с воздействием регламентных отжигов и продувок десятков буровых скважин на изучаемой территории. Исследования,

проведенные на острове Белый (Карское море, 74°49' с.ш., 71°18' в.д.), показали превышение предельно допустимой концентрации свинца в некоторых его почвах до 3,4—4,1 раза, что может быть связано с работой дизельной станции на острове, подтверждаемой фактами скопления на территории острова бочек из-под горючего и загрязнения его почв самим горючим [13, 14].

## 2. Риск воздействия тяжелых металлов на человека

Основным органом-мишенью для тяжелых металлов, находящихся в составе газопылевых выбросов, при пребывании человека в условиях хронически загрязняемой воздушной среды являются органы дыхания (носовая полость, гортань, трахея, бронхи и легкие). Так, хроническая интоксикация органов дыхания медью, кадмием, хромом ( $\text{Cr}^{+3}$ ), хромом ( $\text{Cr}^{+6}$ ) и никелем может привести к изъязвлению и перфорации (структурному нарушению) носовой перегородки, а цинком, ванадием, хромом, марганцем, железом, кобальтом и никелем будет способствовать возникновению пневмосклероза (фиброза легких), когда легочная ткань замещается соединительной (рубцовой) тканью, приводящей к нарушению дыхательной функции [1, 2].

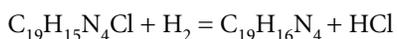
Не меньшую опасность для человека представляют тяжелые металлы, приводящие к образованию злокачественных опухолей. Так, согласно [1, 2, 15], никель индуцирует рак носа и его придаточных пазух, гортани, легких, желудка и почек, железо — рак легких, хром — рак полости носа, легких и желудка, цинк — рак легких, кадмий — рак легких, предстательной железы, яичка и лейкемию (злокачественное заболевание кроветворной системы), свинец увеличивает риск заболеваемости раком легких, желудка, почек, мочевого пузыря, а ртуть способствует возникновению рака предстательной железы и почек.

## 3. Способ диагностики хронического и аварийного загрязнения почв тяжелыми металлами через газопылевые выбросы

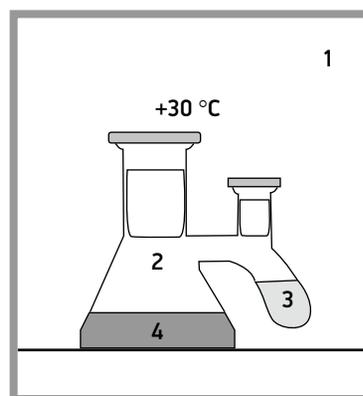
Соответствующая представленному здесь способу диагностики хронического и аварийного загрязнения почв тяжелыми металлами через газопылевые

выбросы техническая задача решалась благодаря тому, что на первом этапе на исследуемой территории, по карте-схеме крупного масштаба (М 1:200 000 и крупнее), выделяют один типичный участок без явного источника эмиссии тяжелых металлов, а другой типичный участок — с расположением явного источника эмиссии тяжелых металлов [7]. На втором этапе с этих двух участков отбирают соответственно усредненные образцы почвы № 1 и № 2 и определяют в них активность дегидрогеназы — фермента, катализирующего реакции дегидрирования (отщепления водорода) органических веществ (углеводов, спиртов и кислот), поступающих с растительными остатками в почву.

Активность дегидрогеназы отдельных проб, взятых из образцов почвы № 1 и № 2, анализируют в 6-кратной повторности с помощью модифицированной колбы Эрленмейера (2) с коленчатым отростком (3) (рис.). С этой целью 1 г почвы, 0,1 г тонко измельченного карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ), по 1 мл 1%-х водных растворов глюкозы ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) и 2,3,5-трифенилтетразолийхлорида ( $\text{C}_{19}\text{H}_{15}\text{N}_4\text{Cl}$ ) последовательно помещают в колбу и реакционную смесь (4) перемешивают круговыми движениями. В коленчатый отросток с помощью шприца вводят насыщенный раствор пирогаллола ( $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3$ ) в щелочи (KOH) для поглощения кислорода в устройстве с целью создания анаэробных условий. Далее колбу герметизируют пробками с использованием вакуумной смазки и ставят в термостат (1) на инкубирование при 30 °C на одни сутки. Начинается биохимическая реакция, когда 2,3,5-трифенилтетразолийхлорид (бесцветное вещество), акцептируя мобилизованный дегидрогеназой водород, превращается в реакционной смеси в 2,3,5-трифенилформаза ( $\text{C}_{19}\text{H}_{16}\text{N}_4$ , вещество красного цвета):



После завершения инкубирования проб производят экстракцию образующегося в них 2,3,5-трифенилформаза из каждой колбы с помощью этилового спирта ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) — 5 раз по 4 мл. Затем экстракты каждой пробы объединяют до объема в 25 мл, измеряют оптическую плотность на спектрофотометре (при длине волны  $\lambda = 490$  нм), рассчитывают количество 2,3,5-трифенилформаза



*Рисунок. Оборудование и устройство для анализа активности фермента дегидрогеназы почвы: 1 — термостат; 2 — модифицированная колба Эрленмейера; 3 — коленчатый отросток с насыщенным щелочным раствором пирогаллола; 4 — реакционная смесь*

*Figure. Equipment and device for analysis of dehydrogenase enzyme activity of soil: 1 — thermostat; 2 — modified Erlenmeyer's flask; 3 — cranked branch with saturated alkaline solution of pyrogallol; 4 — reaction mixture*

по калибровочному графику, составленному, например, от 1 до 30 мкг/мл данного вещества, и выражают в единицах мкг 2,3,5-трифенилформаза/(г·сут), различающиеся в образцах почвы № 1 и № 2, что в результате позволяет судить о хроническом или аварийном загрязнении почв тяжелыми металлами. Так, факт хронического загрязнения почв тяжелыми металлами выявляется, когда активность дегидрогеназы статистически достоверно выше в образце № 2, чем в образце № 1, а факт аварийного загрязнения почвы, когда активность дегидрогеназы статистически достоверно ниже в пробе № 2, чем в образце № 1.

Феномен хронического загрязнения почв тяжелыми металлами объясняется адаптацией микроорганизмов, продуцирующих фермент дегидрогеназу, к загрязнению, что происходит путем естественного отбора резистентных (устойчивых) к тяжелым металлам форм микроорганизмов, снижения токсичности тяжелых металлов путем их сорбции клеточными оболочками микроорганизмов и восстановления микроорганизмами ионов тяжелых металлов до элементарной металлической формы. Более того, свойство резистентности

микроорганизмов к тяжелым металлам не утрачивается, т.е. данное свойство генетически передается от одной генерации микроорганизмов к другой генерации.

Феномен аварийного загрязнения почв тяжелыми металлами объясняется «шоковым» эффектом залпового аварийного газопылевого выброса на микроорганизмы почвы тяжелых металлов, попадающих в нее в результате седиментации и с атмосферными осадками. «Шоковый» эффект выражается в прямом ингибировании каталитической активности дегидрогеназы и задержке продуцирования данного фермента микроорганизмами вследствие подавления их роста и размножения под действием смеси различных тяжелых металлов, что представляет собой средний арифметический результат ингибирующего действия веществ, составляющих данную смесь.

В целом рассматриваемый способ диагностики акцентирует свое основное внимание на установлении факта хронического или аварийного загряз-

нения почв тяжелыми металлами в концентрациях, не вызывающих их химическую стерилизацию, ведущую к уничтожению почвенной «живой фазы» (флоры и фауны) и позволяющих с течением времени в результате различных процессов самоочищения почвы (миграции, сорбции и трансформации тяжелых металлов) вернуться в изначальное функциональное состояние, т.е. к статусу до аварийного загрязнения.

Так, в результате применения данного способа диагностики нами было установлено, что на конкретной территории с локализацией объекта металлургии активность дегидрогеназы в почве участка с явным источником эмиссии тяжелых металлов (меди, никеля и свинца) оказалась выше на 65% относительно почвы участка без явного источника эмиссии тяжелых металлов, что свидетельствует о факте хронического загрязнения ими почвы, (табл. 1). При этом хроническое загрязнение почвы участка с явным источником эмиссии тяжелых металлов выразилось в повышении содержания меди,

*Диагностика хронического загрязнения почвы тяжелыми металлами посредством анализа активности фермента дегидрогеназы*

*Таблица 1*

№ образца	Содержание тяжелых металлов, мг/кг			Активность дегидрогеназы, мкг 2,3,5-трифенилформазана / (г·сут)	Активность дегидрогеназы, %
	медь	никель	свинец		
Почва участка без явного источника эмиссии тяжелых металлов					
1	35	49	15	336	100
Почва участка с явным источником эмиссии тяжелых металлов					
2	82	87	68	554	165

*Диагностика аварийного загрязнения почвы тяжелыми металлами посредством анализа активности фермента дегидрогеназы*

*Таблица 2*

№ образца	Содержание тяжелых металлов, мг/кг			Активность дегидрогеназы, мкг 2,3,5-трифенилформазана / (г·сут)	Активность дегидрогеназы, %
	медь	никель	свинец		
Почва участка без явного источника эмиссии тяжелых металлов					
1	35	49	15	336	100
Почва участка с явным источником эмиссии тяжелых металлов					
2	582	587	568	169	50

никеля и свинца соответственно в 2,3, 1,8 и 4,5 раза по сравнению с почвой участка без явного источника эмиссии тяжелых металлов.

Дальнейшие наблюдения показали, что спустя некоторое время активность дегидрогеназы в почве участка с явным источником эмиссии тяжелых металлов оказалась ниже на 50% относительно почвы участка без явного источника эмиссии тяжелых металлов как следствие аварийного выброса последних в результате непредвиденного отключения фильтров газопылевой очистки объекта металлургии (табл. 2). При этом аварийное загрязнение почвы участка с явным источником эмиссии тяжелых металлов выражалось в повышении содержания меди, никеля и свинца соответственно в 16,6, 12,0 и 37,9 раза по сравнению с почвой участка без явного источника эмиссии тяжелых металлов.

## Заключение

Таким образом, данный способ диагностики позволяет оперативно диагностировать хроническое и аварийное загрязнение почв тяжелыми металлами через газопылевые выбросы при высокотемпературных процессах и повысить точность и качество экспертизы неблагоприятной геоэкологической ситуации на данной территории с целью принятия необходимых профилактических и ремедиационных мер. К числу первых мер следует отнести, прежде всего, оперативное предупреждение населения о неблагоприятной геоэкологической ситуации в данной местности, к числу вторых мер следует отнести безотлагательное проведение ремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами выше предельно допустимых концентраций, с использованием наиболее приемлемых способов [16].

## Литература [References]

1. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I—IV групп. Л.: Химия. 1988. 512 с. [Harmful chemical substances. Inorganic compounds of elements I—IV groups. Leningrad: Khimiya. 1988. 512 p. (Russia)]
2. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов V—VIII групп. Л.: Химия. 1989. 592 с. [Harmful chemical substances. Inorganic compounds of elements V—VIII groups. Leningrad: Khimiya, 1989. 592 p. (Russia)]
3. Российская газовая энциклопедия. М.: Большая Российская энциклопедия. 2004. 527 с. [Russian gas encyclopedia. Moscow: Big Russian encyclopedia. 2004. 527 p. (Russia)]
4. Лавриненко И.А., Лавриненко О.В. Аккумуляция растениями тяжелых металлов в условиях нефтезагрязнения // Сибирский экологический журнал. 1998. № 3—4. С. 299—309. [Lavrinenko I.A., Lavrinenko O.V. Accumulation by plants of heavy metals in the conditions of oil pollution // Siberian ecological journal. 1998. No. 3—4. P. 299—309. (Russia)]
5. Корчина Т.Я., Корчин В.И., Кушникова Г.И., Янин В.Л. Характеристика природных вод на территории Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека. 2010. № 8. С. 9—12. [Korchina T.Ya., Korchin V.I., Kushnikova G.I., Yanin V.L. The characteristic of natural waters on the territory of Khanty-Mansi autonomous okrug // Ecology of Human. 2010. No. 8. P. 9—12. (Russia)]
6. Корчина Т.Я., Корчин В.И. Сравнительная характеристика интоксикации свинцом и кадмием населения Ханты-Мансийского автономного округа // Гигиена и санитария. 2011. № 3. С. 8—10. [Korchina T.Ya., Korchin V.I. Comparative characteristic of intoxication by lead and cadmium of the population of Khanty-Mansi autonomous okrug // Hygiene and Sanitation. 2011. No. 3. P. 8—10. (Russia)]
7. Патент Российской Федерации № 2617533. Способ диагностики хронического и аварийного загрязнения почв тяжелыми металлами посредством анализа активности фермента дегидрогеназы. Арно О.Б., Арабский А.К., Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Заявлено: 28.04.2016. Опубликовано: 25.04.2017. Бюл. № 12. [Patent of Russian Federation No. 2617533. Method of diagnostics of chronic and emergency heavy metal contamination of soils by means dehydrogenase enzyme activity analysis. Arno O.B., Arabsky A.K., Bashkin V.N., Galiulin R.V., Galiulina R.A. Declared: 28.04.2016. Published: 25.04.2017. Bulletin No. 12. (Russia)]
8. Агбальян Е.В. Содержание тяжелых металлов и риск для здоровья населения на Ямальском Севере // Гигиена и санитария. 2012. № 1. С. 14—16. [Agbalyan E.V. Content of heavy metals and risk for health of the population on

- the Yamal North // Hygiene and Sanitation. 2012. No. 1. P. 14—16. (Russia)]
9. Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю., Ганул А.Г. Оценка экологического состояния природной среды районов добычи нефти и газа в ЯНАО // Вестник Санкт-Петербургского гос. ун-та. Серия 7. 2012. Выпуск 4. С. 87—101. [Opekunov A.Iu., Opekunova M.G., Kukushkin S.Iu., Ganul A.G. Assessment of ecological state of the environment of oil and gas production areas in YaNAO // Bulletin of St. Petersburg State University. Series 7. 2012. No. 4. P. 87—101. (Russia)]
  10. Бешенцев В.А., Павлова Е.И. Состояние окружающей среды, обусловленное техногенным воздействием в результате освоения и эксплуатации Русского нефтяного месторождения // Вестник Томского гос. ун-та. 2012. № 7. С. 161—166. [Beshentsev V.A, Pavlova E.I. The state of environment caused by technogenic unfluence as result of development and operation of the Russky oil and gas field // Bulletin of the Tomsk state university. 2012. No. 7. P. 161—166. (Russia)]
  11. Непотребный А.И. Мониторинг содержания тяжелых металлов в почвах нефтяных месторождений южной тайги Томской области // Вестник Томского гос. ун-та. 2009. № 318. С. 215—219. [Nepotrebny A.I. Monitoring of heavy metal content in soils of oil fields of the southern taiga of the Tomsk oblast // Bulletin of the Tomsk State University, 2009. No. 318. P. 215—219. (Russia)]
  12. Богданов Н.А. Многолетняя изменчивость экологического состояния земель: металлы в почвогрунте окрестностей Астраханского газового комплекса // Гигиена и санитария. 2016. № 2. С. 144—149. [Bogdanov N.A. Long-term variability of ecology-hygienic state of lands: metals in soil-ground of the Astrakhan gas complex vicinities // Hygiene and Sanitation, 2016. No. 2. P. 144—149. (Russia)]
  13. Юртаев А.А. Комплексные исследования почвенного покрова о. Белый: первые итоги // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2016. № 4 (93). С. 8—11. [Yurtaev A.A. Complex researches of soil cover of the island Bely: first results // Scientific bulletin of the Yamalo-Nenets autonomous area. 2016. No. 4 (93). P. 8—11. (Russia)]
  14. Васильчук А.К., Васильчук Ю.К. Инженерно-геологические и геохимические условия полигональных ландшафтов острова Белый (Карское море) // Инженерная геология. 2015. № 1. С. 50—65. [Vasilchuk A.K., Vasilchuk Iu.K. Engineering-geological and geochemical conditions of polygonal landscapes of the island Bely (The Kara sea) // Engineering Geology. 2015. No. 1. P. 50—65. (Russia)]
  15. Путилова А.А., Блохина Н.Н. Природные и антропогенные предпосылки и факторы риска злокачественных новообразований // Проблемы региональной экологии. 2006. № 6. С. 61—66. [Putilova A.A., Blokhina N.N. Natural and anthropogenic prerequisites and risk factors of malignant new growths // Problems of regional ecology. 2006. No. 6. P. 61—66. (Russia)]
  16. Галиулин Р.В. Инвентаризация и рекультивация почвенного покрова агроландшафтов, загрязненного различными химическими веществами. Сообщение 1. Тяжелые металлы // Агрохимия. 1994. № 7—8. С. 132—143. [Galiulin R.V. Inventory and recultivation of soil cover of agrolandscapes polluted by various chemicals. Report 1. Heavy metals // Agrochemistry. 1994. No. 7—8. P. 132—143. (Russia)]

## Сведения об авторах

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

Количество публикаций: более 400

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)

Количество публикаций: 496

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)

Количество публикаций: 296

Область научных интересов: геоэкология и биогеохимия

*Контактная информация:*

Адрес: 142290, Московская область, г. Пущино, ул. Институтская, 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»

Количество публикаций: более 200

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