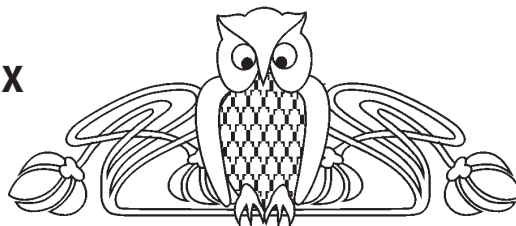




2. Шейн В. С. Геология и нефтегазоносность России. 2-е изд., перераб. и доп. М., 2012. 848 с.
3. Съестнова Л. П. Литолого-минералогическая характеристика бобривских отложений Саратовского Поволжья // Вопросы стратиграфии, палеонтологии и литологии Нижнего Поволжья. Саратов, 1969. Вып. 9. С. 119–124.
4. Съестнова Л. П. Литология и условия формирования терригенных нефтегазоносных отложений нижнего карбона Саратовско-Волгоградского Поволжья : дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Саратов, 1977. 139 с.
5. Батурич В. П. Палеогеография по терригенным компонентам. М. ; Баку, 1937. 291 с.
6. Батурич В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М., 1947. 338 с.
7. Губкин И. М. Урало-Волжская нефтеносная область. М. ; Л., 1940. 117 с.
8. Вассоевич Н. Б. К изучения геотерригенных (предисловие) // Осадочные формации и их нефтегазоносность. М., 1978. 140 с.
9. Методы палеогеографических реконструкций (при поисках залежей нефти и газа) / В. А. Гроссгейм, О. В. Бескровная, И. Л. Герашенко [и др.]. Л., 1984. 271 с.
10. Результаты региональных геолого-геофизических работ на территории юго-восточной части Русской плиты и перспективы их дальнейшего проведения / Ю. А. Писаренко, В. Я. Воробьев [и др.] // Геология нефти и газа. 2011. № 1. С. 68–77.
11. Астаркин С. В., Гончаренко О. П., Пименов М. В. Обстановки осадконакопления в бобривское время в пределах юго-востока Русской плиты // Изв. Саратовского ун-та. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2013. Т. 13, вып. 1. С. 57–62.
12. Астаркин С. В., Гончаренко О. П., Щеглов В. Б., Писаренко Ю. А., Зотов А. Н. Литолого-фациальная характеристика бобривских отложений Березовской группы месторождений (Ближнее Саратовское Заволжье) // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории : материалы VII Всероссийского литологического совещания, 28–31 октября 2013 г. : в 3 т. Новосибирск, 2013. Т. I. С. 46–49.
13. Астаркин С. В., Гончаренко О. П., Зотов Н. А. Опыт применения дробного гранулометрического анализа для реконструкций условий формирования песчаников продуктивного пласта Б2 в пределах Березовской группы поднятий // Проблемы геологии Европейской России : сб. тр. Всероссийского науч. конф., 11–14 сентября 2013 г., Саратов. Саратов : СГТУ, 2013. С. 38–48.
14. Леммлейн Г. Г., Князев В. С. Опыт изучения обломочного кварца // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1951. № 4. С. 142–148.
15. Симанович И. М. Кварц песчаных пород. М., 1978. 156 с.
16. Sneed E. D., Folk R. L. Pebbles in the lower Colorado River, Texas, a study of particle morphogenesis // J. of Geology. 1958. Vol. 66. P. 114–150.

УДК 504.064:574.21

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЭКОЛОГО-ПОЧВЕННОМ МОНИТОРИНГЕ ГОРОДА МЕДНОГОРСКА



К. Т. Нгун, Е. В. Плешакова, М. В. Решетников, В. В. Кузнецов

Саратовский государственный университет  
E-mail: plekat@rambler.ru

Проведена микробиологическая индикация техногенно нарушенных почв г. Медногорска на основе оценки численности гетеротрофных, железобактериальных и марганецоксилирующих бактерий. Установлена взаимосвязь между высоким значением показателя коэффициента магнитности в почвах и повышенным содержанием железобактериальных бактерий, что свидетельствует о возможности использования данной группы микроорганизмов для мониторинга загрязненных тяжелыми металлами почв.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, коэффициент магнитности, железобактериальные и марганецоксилирующие бактерии, гетеротрофные микроорганизмы.

### The Use of Microbial Indicators in Environmental Soil Monitoring of the City Mednogorsk

C. T. Ngun, Ye. V. Pleshakova, M. V. Reshetnikov, V. V. Kuznecov

A microbiological indication of anthropogenic disturbed soils from the city Mednogorsk was carried out based on the evaluation of the

number of heterotrophic, iron- and manganese-oxidizing bacteria. This study states a relationship between high levels of magnetism in these soil samples and high content of iron-oxidizing bacteria, indicating the possible use of this group of microorganism for monitoring heavy metal contaminated soils.

**Key words:** heavy metals, coefficient of magnetism, iron- and manganese oxidizing bacteria, heterotrophic microorganisms.

В результате антропогенного загрязнения в окружающую среду поступают различные поллютанты, среди которых наиболее опасными являются тяжелые металлы (ТМ) [1]. Накапливаясь в почвах, ТМ снижают их биологический потенциал: подавляют активность почвенных ферментов, изменяют численность и состав микрофлоры, приводят к развитию фитопатогенных микроорганизмов, угнетают рост растений [1]. В результате почвы могут постепенно утратить свои уникальные свойства: плодородие, способность эффективно осуществлять биологический круговорот, поддерживать гомеостаз [2]. Важным аспектом в охране окружающей среды и одной



из экологических характеристик ТМ являются знание их нормального (фонового) содержания в почвах и параметры его возможного техногенного изменения, что позволяет осуществлять контроль за состоянием почвенного покрова, определять темпы и степень загрязнения его тяжелыми металлами [3]. Загрязнение почв ТМ нужно строго контролировать, так как эти токсиканты могут длительно и опасно воздействовать на живые организмы. Для рационального использования и воспроизводства природных ресурсов необходимо решить важную задачу, которой является поиск высокочувствительных индикаторов загрязнения почв тяжелыми металлами.

Будучи обязательными компонентами любого биоценоза, почвенные микроорганизмы могут служить индикаторами изменения состояния среды [4]. Преимущество микроорганизмов как индикаторов состоит в том, что они отличаются исключительно высокой скоростью размножения, быстротой наращивания биомассы, высокой чувствительностью к изменениям внешней среды и способностью к разнообразным ответным реакциям, которые могут быть положены в основу методов нормирования техногенного воздействия на наземные экосистемы.

Попадая в почву, ТМ вступают во взаимодействие с микроорганизмами, происходит изменение видового состава, численности, биомассы и продуктивности микроорганизмов [5]. В настоящее время накоплены сведения, свидетельствующие о неоднозначном влиянии техногенного загрязнения на почвенную микробиоту. Одни исследователи отмечают, что загрязнение почвы приводит к снижению численности неспорообразующих бактерий, микроскопических грибов, актиномицетов и возрастанию количества спорных и денитрифицирующих бактерий [6], другие высказывают мнение о преобладающем развитии олигонитрофильных и сапрофитных бактерий в органогенных горизонтах почв, загрязненных выбросами металлургических производств [7]. С одной стороны, показано повышение активности окислительно-восстановительных ферментов в загрязненных антропогенными экотоксикантами почвах [8]. По другим данным загрязнение промышленными выбросами металлургических производств приводит к снижению активности гидролитических ферментов, что объясняется либо подавлением биохимической активности микроорганизмов, либо уменьшением их численности и качественного состава [9].

По данным О. В. Римкевич [5], реакции микробного комплекса на загрязнение почв разнообразны. Так, популяция или ее часть может: 1) приобретать устойчивость к ТМ; 2) снижать концентрацию ТМ в растворе до менее токсичного уровня, путем изменения степени окисления, извлекая энергию их химических связей; 3) снижать общую концентрацию и активность ТМ; 4) сни-

жать метаболическую активность и переходить в состояние покоя.

Способность окислять двухвалентные соединения железа и марганца и осаждать оксиды металлов на поверхности клеток присуща многим филогенетически разнообразным микроорганизмам [10]. Бактерии, использующие разные формы железа и марганца для конструктивных и энергетических потребностей, играют ключевую роль в геохимическом цикле этих элементов. Мы предположили, что при высокой концентрации ТМ в почве будут происходить существенные изменения в численности железобактериальных и марганцеобактериальных бактерий. Оценка данных показателей позволит выявить возможность их использования для мониторинга почв, загрязненных ТМ.

В связи с вышесказанным целью настоящей работы явилась биоиндикационная оценка техногенно нарушенных почв г. Медногорска. В ходе работы оценивались показатель магнитной восприимчивости почв, общая численность гетеротрофных микроорганизмов (ОЧГМ) и количество железо- и марганцеобактериальных бактерий в почвенных образцах. Решалась задача по выбору показателей, которые могут быть использованы для биомониторинга загрязненных ТМ почв.

## Материалы и методы

Объектом исследования явились образцы почв, отобранные на территории г. Медногорска Оренбургской области, который входит в пятерку самых сложных городов по экологическим и санитарным условиям проживания в России. Одним из ведущих предприятий города является медносерный комбинат (производство черновой меди, серной кислоты). Антропогенное воздействие на почву и растительный покров происходит в результате газопылевых выбросов комбината и через объекты размещения отходов. Приоритетными загрязняющими веществами являются медь, железо, марганец, а также соединения серы. Усугубляет сложившуюся ситуацию месторасположение Медногорска, который расположен в котловине отрогов Уральских гор.

Отбор почвенных проб проводила группа студентов и преподавателей геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского в июле 2012 г. Выбор пробных площадок основывался на сходстве ландшафта и типа антропогенного воздействия.

В почвенных пробах определяли коэффициент магнитности ( $K_{mag}$ ):

$$K_{mag} = K_i / K_{fon},$$

где  $K_i$  – среднее значение магнитной восприимчивости в почве;  $K_{fon}$  – среднее значение магнитной восприимчивости на фоновом участке [11].



Оценку общей численности гетеротрофных микроорганизмов производили на мясо-пептонном агаре (МПА) общепринятыми бактериологическими методами [12]. Учет численности культивируемых бактерий, окисляющих Fe и Mn, проводили на агаризованной селективной среде следующего состава (г/л):  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0,5;  $\text{NaNO}_3$  0,5;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0,5;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,5; лимонная кислота 10; сахароза 2; пептон 1; агар 20 [13]. Для оценки содержания в почве железобактерий в среду добавляли  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  в количестве 5,9 г/л; марганцеобактерий  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – в количестве 4,72 г/л. Учитывая, что производился анализ численности нейтрофильных бактерий, pH среды перед стерилизацией доводили до 7,0 титрованием 30%-ным раствором NaOH.

Определение содержания микроорганизмов (гетеротрофных, железо- и марганцеобактерий) в исследуемых почвенных образцах включало несколько этапов: подготовку почвы к микробному анализу (гомогенизация), приготовление разведений почвенной суспензии в стерильном физиологическом растворе; посев полученных разведений на плотную среду в чашки Петри и подсчет выросших колоний после культивирования в термостате при 28°C.

Высевы на МПА и на селективную среду для учета численности железобактерий производили из разведений  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ , для оценки численности марганцеобактерий – из разведений  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ . Из каждого разведения производили по 2 параллельных посева. Колонии микроорганизмов на МПА подсчитывали через 2–3 сут, на селективных средах – через 5–7 сут инкубации. На поверхности селективных сред появлялись характерные колонии, рост которых сопровождался накоплением желто-оранжевых окислов железа или бурых окислов марганца. По мере роста и развития колоний используемая среда также меняла цвет, постепенно окисляясь, от светло-зеленого до ржавого у железобактерий

или от бежевого до коричневого у марганцеобактерий.

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с применением пакета прикладных программ Microsoft Excel 2003 (для Windows XP).

## Результаты и их обсуждение

Аккумуляция ТМ в почве зависит от целого комплекса природных и техногенных факторов, важнейшими из которых являются характер почвообразующей породы, климат, растительность, почвенные микроорганизмы, рельеф местности, расположение и особенности техногенных источников ТМ региона.

Магнитная восприимчивость является показателем наличия в почве магнитных минералов, в первую очередь минералов группы железа (магнетита, гемагита и других), т. е. в химическом отношении является показателем, отражающим концентрацию железа [11]:

$K_{\text{mag}} < 1$  – допустимый уровень содержания железа;

$1 < K_{\text{mag}} < 1,5$  – умеренный уровень;

$1,5 < K_{\text{mag}} < 3$  – опасный уровень;

$K_{\text{mag}} > 3$  – чрезвычайно опасный уровень.

Из исследованных 70 проб г. Медногорска нами для микробиологического анализа были отобраны 10 проб (№ 4, 7, 13, 32, 53, 54, 55, 56, 69, 70), которые по результатам оценки магнитной восприимчивости характеризовались чрезвычайно высоким уровнем коэффициента магнитности (таблица). Исходя из того, что оксиды и гидроксиды железа в почве сорбируют катионы ТМ, можно предположить, что в отобранных пробах будут повышенные по сравнению с другими пробами концентрации тяжелых металлов и, как следствие, общая токсичность почв. В качестве контрольных образцов (с низким коэффициентом магнитности) нами исследовались варианты № 11, 15 и 48 (см. таблицу).

Показатели магнитной восприимчивости в образцах почвы г. Медногорска

Номер пробы	4	7	13	32	53	54	55	56	69	70	11	14	48
$K_{\text{mag}}$	6,49	4,10	3,82	3,15	4,97	5,60	3,16	4,64	4,02	3,18	0,33	0,57	0,37

Попадая в почву, ТМ, как известно, вступают во взаимодействие с почвенными микроорганизмами, происходит изменение видового состава, численности, биомассы и продуктивности микроорганизмов [14]. В связи с этим в отобранных образцах почвы г. Медногорска нами исследовалась общая численность гетеротрофных микроорганизмов. В пробах почвы с высоким уровнем магнитности ОЧГМ составляла в среднем от 14,9 до  $71,5 \times 10^5$  кл/г почвы (рис. 1).

В двух вариантах наблюдалось пониженное содержание гетеротрофных микроорганизмов (№ 4 и № 54). Именно эти образцы почв характе-

ризовались максимальным значением магнитной восприимчивости (см. таблица). Это согласуется с рядом литературных данных о снижении количества прокариотных микроорганизмов в разных типах почв под влиянием загрязнения их тяжелыми металлами [15].

Один образец почвы (№ 7) отличался высокой численностью гетеротрофных микроорганизмов ( $3,25 \times 10^7$  кл/г почвы), что может быть связано с другим видом загрязнения почвы, например с высоким содержанием органических веществ. В контрольных образцах почвы (с низким содержанием ТМ согласно анализу коэффициента магнит-

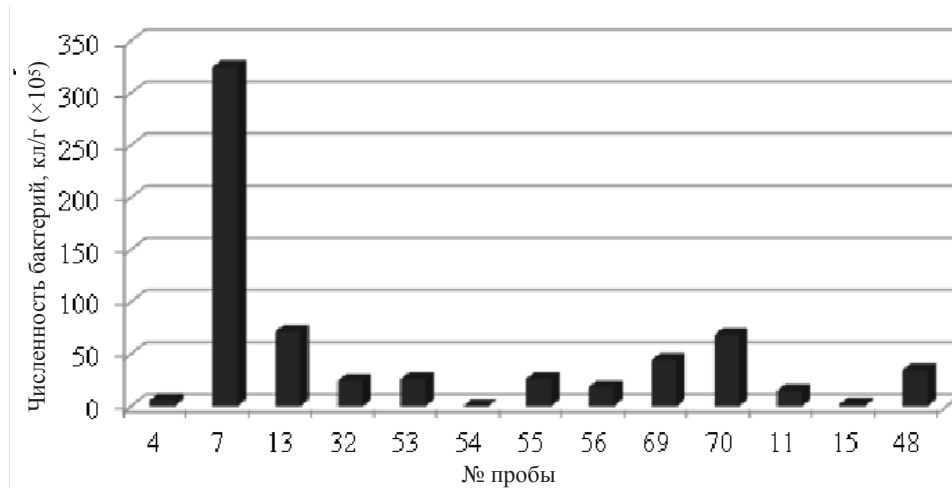


Рис. 1. Общая численность гетеротрофных бактерий в почвенных образцах (г. Медногорск)

ности) ОЧГМ варьировала от 1,9 до  $34,6 \times 10^5$  кл/г почвы (см. рис. 1).

Для мониторингового микробиологического анализа нами были выбраны также две физиологические группы микроорганизмов: железooksисляющие и марганецooksисляющие бактерии, учитывая, что почвы г. Медногорска загрязнены ТМ, в том числе железом. В связи с тем, что микроорганизмы могут участвовать в превращениях железа в почве в разнообразных условиях, мы попытались обнаружить различные железобактерии. Специфические железooksисляющие микроорганизмы, такие как *Thiobacillus ferrooxidans*, выделяли в кислой среде Летена (рН 3,5) [16]. Нам не удалось обнаружить в анализируемой почве бактерии *Thiobacillus ferrooxidans*, вероятно, потому, что данные почвы не отличались повышенной кислотностью. Поэтому мы сосредоточили свое внимание на другой группе железooksисляющих микроорганизмов, которые развиваются в нейтральной среде. Как известно, для таких бактерий процесс окисления железа является побочным и идет без использования ими энергии этого

окисления. Как показала Г. А. Дубинина [17], он проводится гетеротрофными микроорганизмами, которые удаляют таким путем образующуюся в их метаболических процессах перекись водорода. Эта функция у них проявляется только в специфических экологических условиях. К данной группе микроорганизмов относятся представители самых разных групп прокариот. Из них в почве распространены микоплазмы и представители рода *Arthrobacter*.

Содержание культивируемых железooksисляющих бактерий в исследованных нами почвах составляло в среднем от 0,8 до  $32 \times 10^5$  кл/г почвы (рис. 2). В некоторых вариантах наблюдалась более высокая численность по сравнению с другими образцами (№ 13, 32, 69, 70). В почвенном образце № 7 обнаруживалась самая высокая численность железooksисляющих бактерий, как и гетеротрофных. В контрольных образцах почвы содержание железooksисляющих бактерий было невысоким, составляя  $0,6-4,8 \times 10^5$  кл/г почвы (см. рис. 2).

Марганец в почве находится в рассеянном состоянии в разных формах, в том числе и в

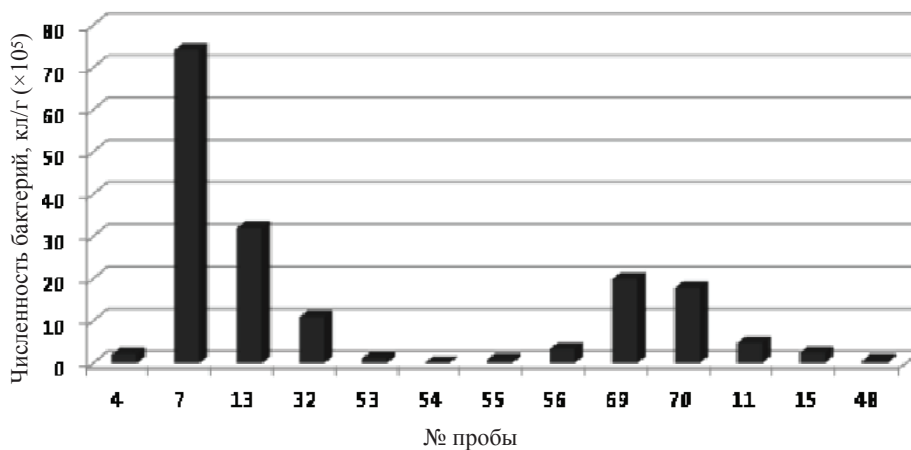


Рис. 2. Численность железooksисляющих бактерий в почвенных образцах (г. Медногорск)





виде металлоорганических комплексов. Как и железо, он имеет переменную валентность и по-разному подвижен в зависимости от этого. Мигрирует марганец в почве главным образом в двухвалентной форме, в этой же форме он и усваивается растениями и микроорганизмами. В трех- и четырехвалентном состоянии марганец входит в состав железомарганцевых конкреций [18]. Наиболее изученный микроорганизм, участвующий в окислении и аккумуляции марганца, – *Metallogenium*. В окислительных процессах, разрушении минералов и в разложении органи-

неральных комплексных соединений с марганцем участвуют почвенные грибы, гетеротрофные бактерии, простекобактерии рода *Pedomicrobium*. Мы проводили выделение и учет численности марганцеоксиляющих бактерий, развивающихся в нейтральной среде.

Содержание марганцеоксиляющих бактерий в почвах по сравнению с железобактериями было намного меньше, в двух образцах менее 100 кл/г почвы (№ 4 и № 70), в четырех образцах от 0,9 до  $2,3 \times 10^4$  кл/г почвы (рис. 3). А вариант № 7 характеризовался самой высокой численностью

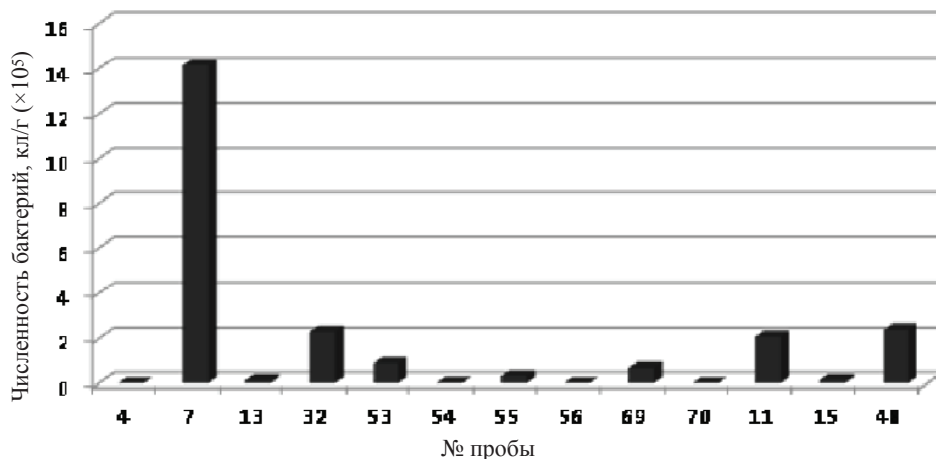


Рис. 3. Численность марганцеоксиляющих бактерий в почвенных образцах (г. Медногорск)

марганцеоксиляющих бактерий ( $14,2 \times 10^5$  кл/г почвы). В контрольных образцах почвы содержание марганцеоксиляющих бактерий составляло  $0,13-2,38 \times 10^5$  кл/г почвы (см. рис. 3).

Анализируя полученные результаты, мы подсчитали, какую часть составляют железобактерии, марганцеоксиляющие бактерии и гетеротрофные микроорганизмы в составе исследованных почвенных микробных сообществ. Полученные данные позволили распределить исследованные нами варианты почв по нескольким группам:

– 1-я группа – почвенные образцы № 7, 32 и 54, в которых количество железобактерий

значительно; содержание марганцеоксиляющих бактерий также выше, чем в других вариантах;

– 2-я группа (самая многочисленная) – образцы № 4, 13, 56, 69 и 70, в которых численность железобактерий высокая, а марганцеоксиляющих невысокая;

– 3-я группа – образцы № 53 и 55, в которых содержание и железобактерий, и марганцеоксиляющих бактерий невелико.

По одному примеру для каждой группы приведено на рис. 4. Контрольные образцы почвы были отнесены нами к 1-й и 3-й группе.

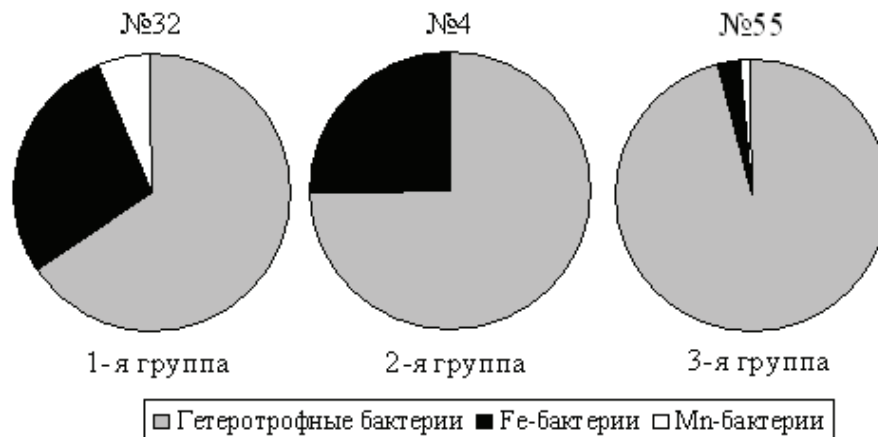


Рис. 4. Долевая часть гетеротрофных, железо- и марганцеоксиляющих бактерий в составе микробиоценозов почв г. Медногорска



## Заключение

Таким образом, среди исследованных образцов техногенно нарушенных почв г. Медногорска были выявлены 2 образца, которые характеризовались самым высоким уровнем коэффициента магнитности (№ 4 и № 54) и пониженным содержанием гетеротрофных микроорганизмов, что указывало на ингибирующий эффект ТМ на почвенные бактерии.

Результаты микробиологического анализа показали, что содержание марганецоксилирующих бактерий в почвах было на несколько порядков меньше, чем железобактерий, оно варьировало независимо от высокого или низкого значения коэффициента магнитности в пробах.

Было обнаружено, что в почвах с чрезвычайно высоким значением показателя магнитности достоверно увеличено содержание железооксилирующих бактерий по сравнению с контрольными пробами. Результаты наших исследований позволяют предположить, что данная физиологическая группа бактерий может использоваться для мониторинга загрязненных тяжелыми металлами почв.

## Библиографический список

1. Robert B. Heavy metal pollutants and chemical ecology : exploring new frontiers // J. Chem. Ecol. 2010. Vol. 36. P. 46–58.
2. Экология почв : учеб. пособие для студ. вузов : в 3 ч. / под ред. В. Ф. Валькова. Ростов н/Д, 2004. 54 с.
3. Прохорова Н. В., Матвеев Н. М. Тяжелые металлы в почвах и растениях в условиях техногенеза // Вестн. СамГУ. 1996. Спец. вып. С. 125–147.
4. Минкина Т. М. Ферментативная индикация почв района Новочеркасской ГРЭС // Почвоведение. 2011. № 1. С. 32–37.
5. Римкевич О. В. Эколого-функциональная роль микроорганизмов техногенно-нарушенных почвогрунтов : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Благовещенск, 2006. 27 с.
6. Евдокимова Г. А., Мозгова Н. Р. Влияние выбросов предприятия цветной металлургии на почву в условиях модельного опыта // Почвоведение. 2000. № 5. С. 630–638.
7. Наплекова Н. Н. Микробиологическая индикация состояния почв // Микробное разнообразие : состояние, стратегия сохранения, биотехнологический потенциал : материалы 3-й Междунар. науч. практ. конф. Пермь, 2008. С. 15.
8. Karthikeyan G., Meenakshi S., Satheesh B. T. G. Influence of soil characteristics on the leaching of fluoride from soils in selected fluoride environments of Tamil Nadu // Pollution Research. 2008. № 3. P. 503–506.
9. Gadd G. M., Burford E. P. Fungal influences on metal mobility // Mechanisms and relevance to environment and biotechnology : abstract of the 7<sup>th</sup> International mycological congress. Oslo, 2002. P. 34–37.
10. Sabrina H., Michael S., Johnson B. The iron-oxidizing prokaryotes // Microbiology. 2011. Vol. 157. P. 1551–1564.
12. Практикум по микробиологии : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. А. И. Нетрусова. М., 2005. 608 с.
11. Кузнецов В. В. Применение петромагнитного метода при оценке геоэкологического состояния почв на примере города Медногорск // ЛОМОНОСОВ-2013 : материалы Междунар. молод. науч. форума. / отв. ред. А. И. Андреев, А. В. Андриянов, Е. А. Антипов, К. К. Андреев, М. В. Чистякова. [Электронный ресурс]. М. : МАКС Пресс, 2013. 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM) ; 12 см. Систем. требования : ПК с процессором 486+ ; Windows 95 ; дисковод DVD-ROM ; Adobe Acrobat Reader.
13. Захарова Ю. Р., Парфенова В. В. Метод культивирования микроорганизмов, окисляющих железо и марганец в донных осадках оз. Байкал // Изв. РАН. Сер. Биол. 2007. № 3. С. 290–295.
14. Гузев В. С., Левин С. В. Техногенные изменения сообщества почвенных микроорганизмов // Перспективы развития почвенной биологии. 2001. № 5. С. 178–219.
15. Murata T., Kanao-Koshikawa M., Takamatsu T. Effects of Pb, Cu, Sb, Zn and Ag contamination on the proliferation of soil bacterial colonies, soil dehydrogenase activity, and phospholipid fatty acid profiles of soil microbial communities // Water, Air and Soil Pollution. 2005. Vol. 164. P. 103–118.
16. Leathen W. W., McIntyre L. D., Braley S. A. A medium for study of the bacterial oxidation of ferrous iron // Science. 1951. Vol. 114. P. 280.
17. Дубинина Г. А. Биология железобактерий и их роль в образовании железомарганцевых руд : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1977. 45 с.
18. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимия марганца в процессах гипергенеза : обзор // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2013. Т. 5, № 1. С. 21–36.