

ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩЕЙ ПОРОДЫ И ЭСПАРЦЕТА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА, ЗАГРЯЗНЕННОГО СМЕСЬЮ УГЛЕВОДОРОДОВ¹

© 2005 Е.В. Гафарова, С.К. Зарипова²

Изучалось влияние цеолитсодержащей породы Татарско-Шатранского месторождения и травянистого растения эспарцет на биологические параметры выщелоченного чернозема, загрязненного смесью углеводородов (УВ). Установлено положительное влияние комплексного применения мелиорантов на все изучаемые биологические параметры почвы (численность гетеротрофных и углеводородокисляющих микроорганизмов, количество микробного углерода почвы, респираторная, ферментативные дегидрогеназная и уреазная активности), в том числе на фоне легких углеводородов (до 2%) в почве.

Введение

Хронические разливы нефти являются серьезной угрозой окружающей среде и здоровью людей. Они приводят к нарушению функционирования почвенных микробных сообществ и быстрой потере продуктивности земель [1, 2]. Если нефтяные загрязнения характерны в основном только для районов добычи, переработки и транспортировки нефти, то загрязнения нефтепродуктами, такими как дизельное топливо, керосин, смазочные масла, мазут и т.д., распространены повсеместно [3].

Наиболее перспективными подходами для рекультивации нефтезагрязненных почв являются микробиологические методы, поскольку именно биодegradация микроорганизмами является первичным механизмом удаления УВ соединений из загрязненных экосистем [4].

В последнее время разрабатываются и испытываются способы как для очистки почв от нефтяного загрязнения, так и приемы предотвращения распространения углеводородов по профилю почвы [5–7]. В частности, для

¹Представлена доктором биологических наук профессором Н.А. Кленовой.

²Гафарова Евгения Владимировна, (evlad2002@mail.ru), Зарипова Сания Кашафовна (zsania@mail.ru), кафедра микробиологии Казанского государственного университета, 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18.

сдерживания загрязнителя, попавшего в почву, применяются природные сорбенты — цеолитовые минералы, а для дальнейшей реабилитации загрязненных углеводородами экотопов — вегетация растений, активизирующих почвенное микробное сообщество на загрязненных почвах [8–10].

Цеолитовые минералы в настоящее время часто используются для детоксикации природных сред от таких загрязнителей, как тяжелые металлы, радионуклеиды и нефтяные УВ [5,11]. Внесение цеолитсодержащей породы (ЦСП) в почву является перспективным подходом для предотвращения миграции УВ загрязнения в низлежащие слои почвы, а также для увеличения биodeградации загрязнителя. При попадании контаминанта в почву с внесенной в нее ЦСП загрязнитель подвергается химической трансформации и биodeградации сорбированными на минерале и свободными почвенными микроорганизмами.

Использование растений для очистки загрязненной почвы основано на ускорении исчезновения поллютантов из почвы, на которой происходит вегетация растений [8]. При этом растения снабжают микроорганизмы корневыми экссудатами (которые содержат сахара, спирты, органические кислоты и т.д.), а микроорганизмы производят индуцибельные ферменты, катализирующие разложение загрязняющих веществ [12]. Кроме того, растения сами выделяют в окружающую почву ферменты, способствующие трансформации загрязняющих соединений.

Вместе с тем состояние почвенного микробиоценоза загрязненной нефтяными углеводородами почвы при использовании цеолита мало изучено, так же как и при вегетации на такой почве растений.

В настоящей статье представлены данные по изучению биологических параметров загрязненной почвы (численность микроорганизмов, ферментативная и биологическая активность почв) при проведении таких мероприятий, как внесение ЦСП и вегетация эспарцета.

1. Материалы и методы

Почва. Выщелоченный тяжелосуглинистый чернозем Алексеевского района Татарстана, имеющий следующие характеристики: солевой pH — 5,28; азота легко гидролизуемого 80 мг/100г почвы, фосфора P_2O_5 — 99 мг/100г почвы, калия обменного K_2O — 99 мг/100г почвы.

Загрязнитель. Смесь нефтяных УВ с температурой кипения 150–210⁰C (керосин). Уровень загрязнения почвы — 1 и 2% от веса воздушно-сухой почвы.

Сорбент. ЦСП Татарско-Шатрапанского месторождения в концентрации 25% от веса воздушно-сухой почвы. Порода имеет следующие характеристики: опал-кристобалит (28%), гейландит-клиноптилолит (19%), глинистые материалы (26%), кальцит (22%), кварц (4%) и глауконит (2%).

Растение. Аборигенная для РТ трава эспарцет (*Onobrychis*) — многолет-

нее травянистое растение семейства бобовых с сильно развивающейся глубоко проникающей в почву корневой системой. Растение не требовательно к типу почвы, но лучше развивается на черноземах и почвах, богатых известью. Культивирование растения вели в вегетационных сосудах в аппарате "Флора" в течение 14 суток.

Схема опыта. Были заложены следующие варианты опыта: 1) загрязненная УВ почва, 2) загрязненная УВ почва с 25% татарской ЦСП, 3) загрязненная УВ почва с эспарцетом, 4) загрязненная УВ почва с 25% татарской ЦСП и эспарцетом. Контролем служила незагрязненная почва без мелиорантов. Каждый опыт был проведен в трех повторностях.

Биологические параметры почвы. Численность аэробных гетеротрофных и углеводородокисляющих микроорганизмов определяли на МПА и синтетической среде следующего состава (г/л дистиллированной воды): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — 1 г/л, MgSO_4 — 0,25 г/л, KH_2PO_4 — 3 г/л, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ — 4,5 г/л, керосин — 11 мл/л

Количество углерода микробной биомассы оценивали экстракционно-фумигационным методом [13].

V_{bas} рассчитывали как отношение дыхания загрязненной и незагрязненной почвы [1].

Дегидрогеназную активность определяли методом Ленарда [14] и выражали в мг формазана на грамм почвы за сутки. Уреазную активность определяли методом Каупа [14] и выражали в мг мочевины на грамм сухой почвы за 1 час.

2. Результаты и обсуждение

Прежде чем исследовать комбинированное влияние ЦСП и растения на микробиоценоз загрязненной почвы, мы рассмотрели влияние загрязнения на почвенную экосистему выщелоченного чернозема.

Изучение микробиологических параметров почвы показало, что загрязнение почвы смесью УВ приводит к увеличению численности и активности микроорганизмов почвенного сообщества. Количество гетеротрофных (ОМЧ) и углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) повышалось при загрязнении почвы в 10,4 и 3,9 раз соответственно (рис. 1, 2). Следует отметить, что численность гетеротрофных микроорганизмов была выше на 2–3 порядка, чем количество углеводородокисляющих.

Поскольку численность микроорганизмов не всегда отражает напряженность биохимических процессов, то нами были определены ферментативные активности выщелоченного чернозема.

Распад УВ связан с окислительно-восстановительными процессами в почве, происходящими при участии различных ферментов. Фермент дегидрогеназа широко распространен у микроорганизмов, особенно у УОМ, и характеризует особую метаболическую активность почвенной микрофлоры.

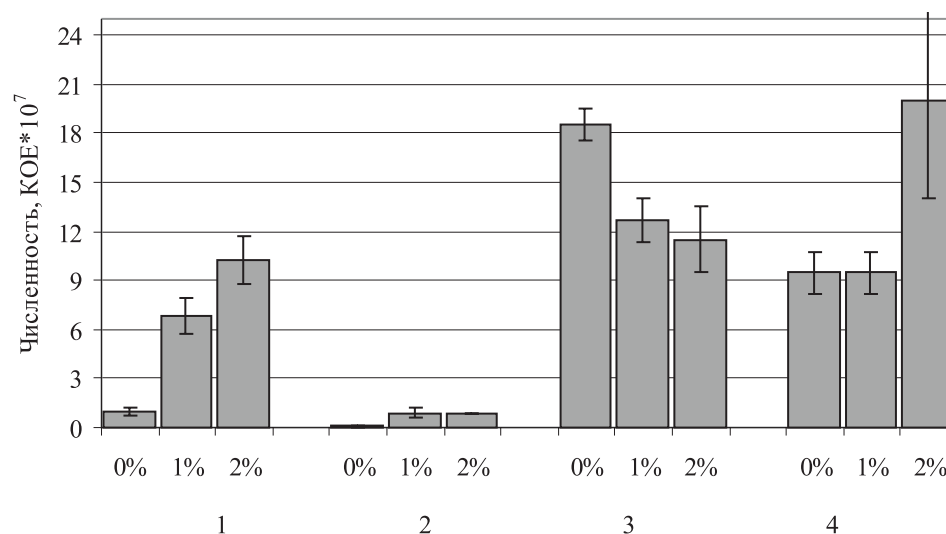


Рис. 1. Численность гетеротрофных микроорганизмов в разных вариантах опыта при разных уровнях УВ загрязнения выщелоченного чернозема (0, 1, 2% — уровень загрязнения). Варианты опыта: 1 — почва, 2 — почва+ЦСП, 3 — почва+эспарцет, 4 — почва+ЦСП+эспарцет

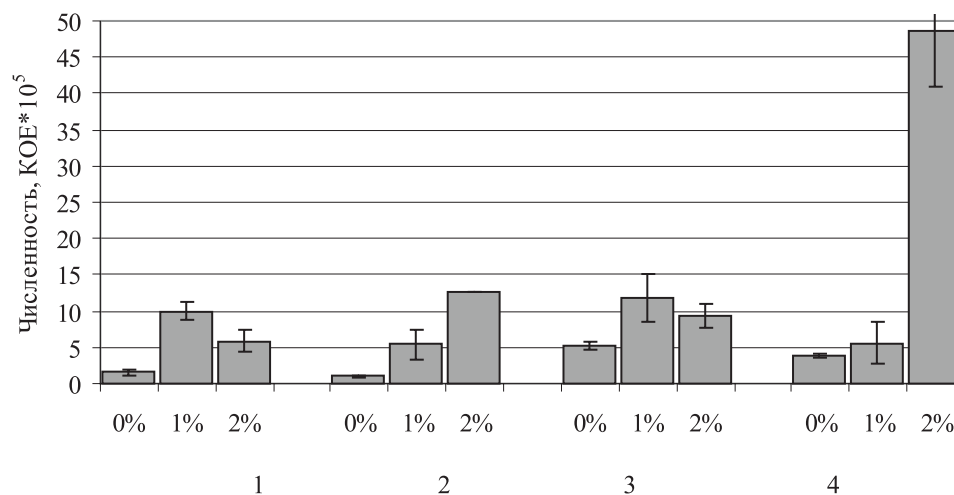


Рис. 2. Численность углеводородокисляющих микроорганизмов в разных вариантах опыта при разных уровнях УВ загрязнения выщелоченного чернозема (0, 1, 2% — уровень загрязнения). Варианты опыта: 1 — почва, 2 — почва+ЦСП, 3 — почва+эспарцет, 4 — почва+ЦСП+эспарцет

Активность дегидрогеназы указывает на интенсивность процессов разложения УВ [2,15].

Уреаза является ферментом азотного обмена, осуществляющим гидролиз мочевины до углекислого газа и аммиака. Уреаза обладает высокой устойчивостью против ингибирующих агентов. Кроме того, ряд авторов отмечает, что ее активность возрастает при углеводородном загрязнении почвы [2].

В нашем опыте при загрязнении почвы УВ [16], наряду с увеличением количества микроорганизмов, возрастали и ферментативные дегидрогеназная и уреазная активности (табл. 1), а также количество биологического углерода почвы (рис. 3).

Таблица 1

Ферментативная активность выщелоченного чернозема с ЦСП и эспарцетом при УВ загрязнении

Ферментивная активность/Варианты опыта		Концентрация керосина, (%)		
		0	1	2
Дегидрогеназа, мг формазана/кг почвы*сут	Почва	1,78±0,49	9,61±0,754	8,36±0,462
	Почва с 25(%)ЦСП	2,30±0,75	9,96±0,83	17,0±3,07
	Почва+эспарцет	3,41±0,80	10,85±0,41	11,50±0,64
	Почва+эспарцет +25(%)ЦСП	3,96±1,13	4,686±0,23	23,44±0,91
Уреаза, мг мочевины/кг почвы*сут	Почва	20,00±3,5	36,00±8,60	23,12±9,24
	Почва с 25(%)ЦСП	40,00±6,20	84,98±12,40	26,06±10,80
	Почва+эспарцет	41,37±5,40	39,62±0	21,40±3,42
	Почва+эспарцет +25(%)ЦСП	79,78±5,20	90,09±9,00	61,37±8,25

Для адекватной оценки состояния почвенного биоценоза в присутствии УВ необходимо использовать интегральные параметры его активности, такие, например, как V'_{bas} . V'_{bas} является отношением базального дыхания загрязненной и незагрязненной почвы и отражает степень доступности органического вещества для почвенных микроорганизмов. Значение параметра меньше 1,0 означает, что деградация загрязнения происходит слабо или не происходит вообще. Присутствие в почве 1 и 2% смеси УВ вызвало повышение показателя на 16,6 и 32,9% соответственно (табл. 2), что указывает на способность почвенной микрофлоры изучаемой почвы к использованию УВ в своем метаболизме.

Следующим этапом нашей работы было исследование биологических параметров выщелоченного чернозема с внесенной в него ЦСП.

Было выявлено, что количество гетеротрофных микроорганизмов уменьшилось по сравнению с почвой без сорбента, как в незагрязненной так и в загрязненной почве (рис. 1). Возможно, уменьшение количества высева-

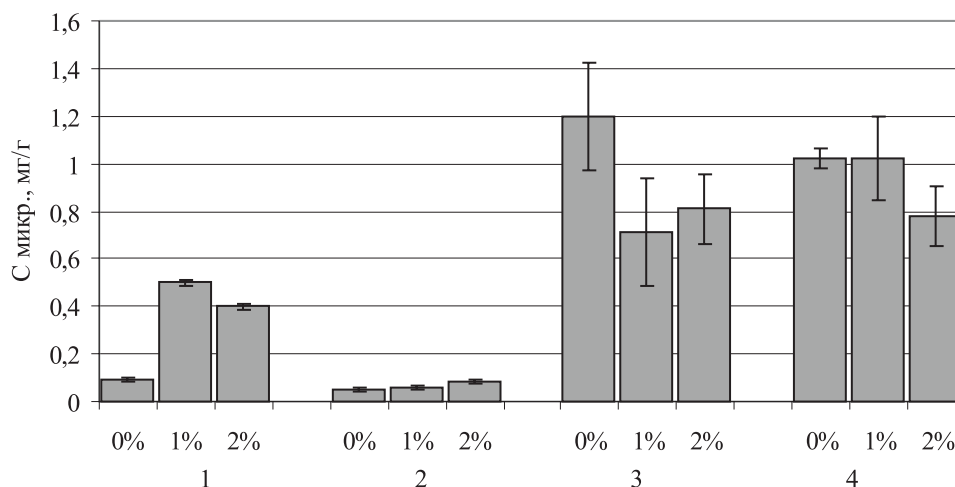


Рис. 3. Количество биологического углерода в разных вариантах опыта при разных уровнях УВ загрязнения выщелоченного чернозема (0, 1, 2% — уровень загрязнения). Варианты опыта: 1 — почва, 2 — почва+ЦСП, 3 — почва+эспарцет, 4 — почва+ЦСП+эспарцет

емых микроорганизмов в этом варианте связано с сорбцией части микроорганизмов цеолитом [5,9].

Поскольку способность адаптации микробиоценоза почвы к УВ выражается в увеличении количества микроорганизмов, способных выдерживать токсический стресс поллютанта, то была определена также и численность углеводородокисляющих микроорганизмов.

Количество УОМ в почве с цеолитом на фоне УВ загрязнения имело сходный тренд изменения с изменением численности УОМ в почве без ЦСП — увеличение на 1–2 порядка при загрязнении почвы смесью УВ (рис. 2). Причем наибольший прирост количества УОМ отмечен при уровне загрязнения 2%. Можно предположить, что происходила сорбция УВ на минерале, что, с одной стороны, снижало их отрицательное воздействие на микроорганизмы, а с другой стороны, делало их более доступными для трансформации почвенной микрофлорой [5,9,10,17]. Кроме того, несорбированная

Таблица 2

V'bas в выщелоченном черноземе с ЦСП и эспарцетом при разных уровнях УВ загрязнения

Варианты опыта	Концентрация смеси УВ		
	0(%)	1(%)	2(%)
Почва	—	1,16±0,06	1,32±0,11
Почва с 25(%)ЦСП	—	1,29±0,10	1,18±0,08
Почва+эспарцет	—	1,23±0,10	1,33±0,13
Почва+эспарцет+25(%)ЦСП	—	0,65±0,07	1,31±0,09

минералом часть загрязнителя могла стимулировать увеличение численности свободноживущих микроорганизмов-деструкторов углеводородов.

При влиянии антропогенного загрязнения на почвенную микрофлору часто используется показатель количества биологического углерода почвы, который отражает общее количество организмов почвы [18,19]. Если при учете чашечным методом учитываются лишь вегетативные клетки и споры микроорганизмов, то определение количества биологического углерода дает понятие об общем числе жизнеспособных клеток. Наши данные показали, что значения микробной биомассы коррелировали с ОМЧ при разных концентрациях смеси УВ, и показатель также был ниже в почве с ЦСП, чем в почве без минерала (рис. 3).

Загрязнение выщелоченного чернозема с ЦСП увеличивает дегидрогеназную ферментативную активность. При загрязнении почвы с цеолитом 1 и 2% смеси УВ она была выше в 4,3 и 7,4 раз соответственно (табл. 1). Повышение дегидрогеназной активности обозначает начало восстановительных процессов почвы, повышение активности почвенной микрофлоры и интенсивности процессов биоразложения [2].

Тренд изменения уреазной активности был аналогичен таковому дегидрогеназы: добавление смеси УВ в концентрации 1% приводило к увеличению значения показателя (табл. 1). Уровень уреазной активности при 1% загрязнении почвы составлял 36,0 мг мочевины/кг почвы*ч для почвы без цеолита, и при этом в почве с сорбентом значение превышало в 2,4 раза ферментативную активность в контрольном образце почвы. Мы можем предположить, что цеолит оказал протекторный эффект на микроорганизмы и выработку ими уреазы как в незагрязненной и загрязненной тяжелыми металлами почве [11,20], так и в почве с УВ.

Что касается V'_{bas} , то в нашем случае микробиоценоз выщелоченного чернозема, загрязненного 1% УВ, был наиболее активен при добавлении ЦСП, но при повышении концентрации загрязнителя до 2% картина была противоположной — V'_{bas} почвы с ЦСП был ниже, чем показатель в контрольном образце (табл. 2).

Как было сказано выше, для увеличения биodeградации загрязнителя применяется выращивание растений. В наших опытах мы использовали травянистое растение эспарцет. Выбор растения был осуществлен нами ранее на основании исследования биометрических параметров растения и биологических показателей околокорневой почвы, загрязненной УВ. Нами были оценены биологические параметры загрязненной почвы как с минералом, так и без него при вегетации на ней эспарцета.

Анализ показал, что количество гетеротрофных микроорганизмов в загрязненной УВ почве под эспарцетом было выше на 1–2 порядка, чем в соответствующих образцах незасеянной почвы (рис. 1). Это может быть свидетельством того, что эспарцет, так же как и многие другие растения, предохраняет микроорганизмы почвы от УВ токсического шока. В литературе имеются сведения о стимуляции растениями роста численности мик-

роорганизмов и протекторной роли растений против токсического действия загрязнителей [21–23]. Тем не менее, в отличие от незасеянной почвы, при увеличении уровня загрязнения ОМЧ снижалась.

Количество УОМ в почве под эспарцетом имело сходный тренд изменения с другими рассмотренными вариантами — увеличение численности при УВ загрязнении почвы (рис. 2).

Помимо численности микроорганизмов мы также определили количество биологического углерода почвы, и было выявлено, что вегетация эспарцета привела к увеличению показателя относительно незасеянной почвы в 13,3, 1,4 и 2,0 раза в незагрязненной почве, при 1 и 2% загрязнении соответственно (рис. 3).

Что касается почвенных ферментативных активностей, то показано, что вегетация эспарцета не привела к значительному изменению показателей почвы (табл. 1). V'_{bas} вырос на 13,7% при 1% уровне загрязнения, хотя при увеличении концентрации загрязнителя до 2% показатели почвенных образцов засеянной почвы и контроля сравнялись (табл. 2).

Поскольку мы получили данные по влиянию ЦСП и выращивания растений на микробиоценоз загрязненной почвы по-отдельности, то затем нами было исследовано совместное действие двух технологий (внесение сорбента в почву и фиторемедиации).

При выращивании растения в выщелоченном черноземе с цеолитом выявлено протекторное действие сочетания факторов на гетеротрофный блок и специализированную группу микроорганизмов (рис. 1,2). Количество УОМ было большим примерно на порядок относительно других образцов при максимальной концентрации загрязнителя в почве и составило $4,86 \cdot 10^6$ КОЕ/г почвы.

При всех уровнях загрязнения количество почвенного биологического углерода в почве с сорбентом под эспарцетом было сравнимо с показателем засеянной почвы без минерала и мало изменялось при разной концентрационной нагрузке загрязнителя. Таким образом, выращивание травы на загрязненной почве с сорбентом привело к увеличению биомассы почвенных микроорганизмов по сравнению как с почвой без ЦСП, так и с почвой с ЦСП (рис. 3).

Вегетация эспарцета на выщелоченном черноземе с ЦСП привела к увеличению дегидрогеназной ферментативной активности лишь при 2% загрязнении (табл. 1). Но уреазная активность при вегетации растения на почве с цеолитом увеличилась в 2–3 раза относительно других почвенных образцов с разными уровнями загрязнения (табл. 1).

Анализ респираторной активности показал, что при 1% загрязнении почвы с ЦСП под эспарцетом показатель доступности органического вещества почвы для микроорганизмов V'_{bas} снизился на 36%, в то время как применение исследуемых мелиорантов по отдельности увеличивало V'_{bas} (табл. 2). Возможно, это объясняется сорбцией источников позиционно доступного углерода (корневых экссудатов растения и УВ) в порах цеолита,

а следовательно, и относительной недоступностью УВ для бактерий [24]. Об этом также свидетельствует и низкая численность УОМ (рис. 2). 2% загрязнение УВ привело к повышению доступности почвенного углерода в данном образце почвы, и V'_{bas} повысился относительно 1% загрязнения почвы на 67,4% и стал сопоставим с вариантом почвы без цеолита под эспарцетом.

Таким образом, присутствие цеолита в загрязненном выщелоченном черноземе, на котором выращивается эспарцет, оказывает выраженное протекторное действие на микробное сообщество, защищая его от негативного влияния загрязнителя.

Полученные результаты по влиянию цеолитсодержащей породы Татарско-Шатрашанского месторождения и потенциального фитомелиоранта — травянистого растения эспарцет на биологическую активность загрязненного УВ выщелоченного чернозема Закамья — позволяют предположить, что применение комбинации данных мелиорантов целесообразно в местах потенциальной опасности разливов нефтепродуктов (заправочные станции, аэропорты, путепроводы, хранилища горючих материалов). Это позволит предотвратить распространение загрязнителя по профилю почвы, защитить почвенный биоценоз от токсического действия поллютанта и интенсифицировать процессы ремедиации почвы.

Заключение

Углеводородное загрязнение выщелоченного чернозема с цеолитом привело к увеличению доли специализированной группы деструкторов ксенобиотика, почвенной дегидрогеназной и уреазной активности.

Выращивание эспарцета на загрязненной смесью углеводородов почвы оказало стимулирующее действие на численность обеих исследованных групп микроорганизмов, хотя доля деструкторов углеводородов не возросла по сравнению с незасеянной почвой. В то же время ферментативные активности почвы (дегидрогеназная и уреазная) повысились, в том числе и в загрязненном черноземе.

Выращивание эспарцета на выщелоченном черноземе на фоне цеолитсодержащей породы привело к увеличению численности аэробных гетеротрофных и углеводородоокисляющих микроорганизмов, доли специализированной группы деструкторов ксенобиотика, дегидрогеназной и уреазной ферментативной активности почвы. Практически все изучаемые параметры почвы были выше при совместном применении ЦСП и эспарцета.

Литература

- [1] Благодатская Е.В., Ананьева Н.Д. Оценка устойчивости микробных сообществ в процессе разложения поллютантов в почве // Почвоведение. 1996. №11. С. 1341–1341.
- [2] Киреева Н.А., Водопьянов В.В., Мифтахова А.М. Биологическая активность нефтезагрязненных почв. М.: Гилем, 2001. 377 с.
- [3] Солнцева Н.П., Пиковский Ю.И., Никифова Е.М. Проблемы загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами // Геохимия, экология, рекультивация: Докл. симп. XII делегатского съезда Всесоюзного общества почвоведов, 9–13 сентября 1985г. М., 1985
- [4] Leahy J.G., Corwell R.R. Microbial Degradation of Hydrocarbons in the Environment // Microbiological Reviews, Sept. 1990. P. 305–315.
- [5] Буров А.И. Цеолитсодержащие породы Татарстана и их применение/ Под ред. М.К.Гайнуллина. Казань: Фэн, 2001. 176 с.
- [6] Смирнова Е.В. Транспорт и распределение жидких углеводородов в выщелоченном черноземе: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2003. 24 с.
- [7] Margesin R., Zimmerbauer A., Schinner F. Monitoring of bioremediation by soil biological activities // Chemosphere. 1999. No. 13. P. 340–345.
- [8] Марченко А.И., Соколов М.С. Фиторемедиация почв, загрязненных нефтепродуктами: опыт Канады // АГРО XXI. 2001. №1. С. 20–21.
- [9] Fuierer A.M., Bowman R.S., Kieft T.L. Sorption and microbial degradation of toluene on a surfactant-modified-zeolite support // The Sixth International in situ and on-site bioremediation symposium. Part2. San Diego (USA): Battelle Press, 2001. P. 131–139.
- [10] Nichols T.D., Wolf D.C., Rogers H.B., Beyrouthy C.A., Reynolds C.M. Rhizosphere microbial populations in contaminated soils // Water, Air, and Pollution. 1997. V. 95. P. 165–178.
- [11] Leggo P.J. An investigation of plant growth in an organo-zeolitic substrate and its ecological significance // Plant and Soil. 1999. V. 219. P. 135–146.
- [12] April W., Sims R.C. Evaluation of the use of prairie grasses for stimulating polycyclic aromatic hydrocarbon treatment in soil //Chemosphere. 1990. V. 20. P. 253–265.
- [13] ISO 14240–2: Determination of soil microbial biomass. Part 2: fumigation-extraction method. 1998. 12 p.
- [14] Хазиев Ф.Х. Методы почвенной биологии. М: Наука, 1982.
- [15] Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах. Восстановление почвенных экосистем/ Под. ред. М.А.Глазовской. М.: Наука, 1988. С. 38–50.
- [16] Gafarova E.V., Sitdikova G.A., Garusov A.V., Zaripova S.K. An influence of mineral sorbent on biological activity of leached chernozem polluted with kerosene // Environmental radioecology and applied ecology. 2004. V. 10. No. 4. P. 4–10.

- [17] Ferro A., Kennedy J., Knight D. Green-scale evaluation of phytoremediation for soils contaminated with wood preservatives // The Sixth International in situ and on-site bioremediation symposium. Part2. San Diego (USA): Battelle Press, 2001. P. 309–316.
- [18] Селивановская С.Ю., Латыпова В.З., Киямова С.Н., Алимова Ф.К. Микробная биомасса и биологическая активность серых лесных почв при внесении осадков городских сточных вод // Почвоведение. 2001. №2. С. 227–233.
- [19] Mc.Grath S.P. Effects of Heavy Metals from Sewage Sludge on Soil Microbes in Agricultural Ecosystems // Ross S.M. (Ed.), Toxic Metals in Soil-Plant Systems. 1994. P. 247–274.
- [20] Shindo S., Takata S., Taguchi H., Yoshimura N. Development of novel carrier using natural zeolite and continuous ethanol fermentation with immobilized *Saccharomyces cerevisiae* in a bioreactor // Biotechnology Letters. 2001. V. 23. P. 2001–2004.
- [21] Salt D.E., Smith R.D., Raskin I. Phytoremediation // Plant Physiol. 1999. V. 49. P. 643–661.
- [22] Shaw L.J., Burns R.G. Biodegradation of organic pollutants in the rhizosphere // Advances in applied microbiology. 2003. V. 53. P. 1–60.
- [23] Lee E., Banks M.K. Bioremediation of petroleum contaminated soil using vegetation: a microbial study // Environ. Sci. Health. 1993. A38(10), P. 2187–2198.
- [24] Костерин А.В., Софинская О.А. Эффект влажности верхнего техногенно и нефтезагрязненного слоя почвы в биодegradации тридекана // Вестник Самарского гос. университета. Естественнонаучная серия. 2004. №2. С. 158–175.

Поступила в редакцию 7/XI/2005;
в окончательном варианте — 7/XI/2005.

**EFFECT OF ZEOLITE-CONTAINING ROCK
AND SAINFOIN ON BIOLOGICAL PARAMETERS
OF LEACHED CHERNOZEM POLLUTED
WITH MIXTURE OF HYDROCARBONS³**

© 2005 E.V. Gafarova, S.K. Zaripova⁴

Effect of zeolite-containing rock of Tatarsko-Shatrashansky deposit and grassy plant sainfoin on biological parameters of soil polluted with mixture of hydrocarbons is studied. Sainfoin is the potential phytomeliorant of leached chernosem of Tatarstan Republic. The positive effect of complex using of meliorants on all investigated biological parameters (number of heterotrophic microorganisms and hydrocarbon utilisers, soil microbial carbon, respiratory activity, enzyme dehydrogenase and urease activity) of the soil with different levels of hydrocarbon pollution is detected.

Paper received 7/XI/2005.

Paper accepted 7/XI/2005.

³Communicated by Dr. Sci. (Biology) Prof. N.A. Klenova.

⁴Gafarova Eugeniya Vladimirovna (evlad2002@mail.ru), Zaripova Saniya Kashaphovna (zsania@mail.ru), Dept. of Microbiology, Kazan State University, Kazan, 420008, Russia.