

УДК: 581.522.5

## Оценка влияния нефти и нефтепродуктов на состояние растительности по показателям фитотоксичности почв

И.И. Гаврилин<sup>a</sup>, А.М. Шигапов<sup>b</sup>

Уральский государственный университет путей сообщения, ул. Колмогорова 66, Екатеринбург, Россия

<sup>a</sup>IGavrilin@list.ru, <sup>b</sup>at-rezh@yandex.ru

Статья получена 5.08.2015, принята 6.09.2015

*В статье рассмотрены перспективы использования метода фиторемедиации при очистке почвогрунтов, загрязненных нефтепродуктами. Представлены результаты исследований биологических методов очистки почв с использованием метода биоремедиации, основанного на внесении органических структурообразующих субстратов в состав загрязненных нефтью и нефтепродуктами почв. Проведена оценка токсического воздействия нефтезагрязненных грунтов на анатомо-морфометрические показатели роста отдельных видов растений с использованием методов биоиндикационных исследований. При этом особое внимание уделено определению наиболее значимых анатомо-морфометрических показателей роста семян тест-объектов с последующей критериальной оценкой. При критериальной оценке использовались наиболее значимые показатели тест-объектов: длина ростков, длина корней, биомасса, всхожесть. В качестве тест-объектов использовались семена культур, произрастающих в природно-климатических условиях Среднего Урала и широко применяемых в качестве фитомелиорантов: клевер луговой (*Trofolium pratense* (L.)), овес посевной (*Avena sativa* (L.)), горчица обыкновенная (*Brassica nigra* (L.) Koch.). Описана методика исследований и выявлена зависимость влияния фитотоксичности почв с установленными концентрациями загрязнения на рост семян различных культур. Полученные результаты подтверждены математическими выкладками и расчетами. На основании результатов исследований фитотоксичности нефтезагрязненных почв определен наиболее эффективный вид растения для использования при рекультивации нефтезагрязненных почв.*

**Ключевые слова:** нефтяное загрязнение; почва; фитотоксичность; фиторемедиация; анатомо-морфологические критерии.

## Assessment of the effect of oil and oil products on the state of vegetation in terms of soil phytotoxicity

I.I. Gavrilin<sup>a</sup>, A.M. Shigapov<sup>b</sup>

Ural State University of Railway Transport; 66, Kolmogorov St., Ekaterinburg, Russia

<sup>a</sup>IGavrilin@list.ru, <sup>b</sup>at-rezh@yandex.ru

Received 5.08.2015, accepted 6.09.2015

*The article considers the prospects of using phytoremediation method when purifying soil contaminated with petroleum products. Results have been presented in studies of biological methods for soil purification with the use of bioremediation method which is based on application of organic structure-forming substrates into the composition of oil-contaminated soil. Assessment has been given to the toxic effect of oil-contaminated soils on anatomical and morphometric parameters of plant growth using the methods of bioindication studies. Special attention has been paid to checking the most significant anatomical and morphometric parameters of growth for the test-object's seeds and subsequent criteria-based assessment has been also given. When giving criteria-based assessment, the most significant indicators of the test objects have been used: length of sprouts, length of roots; biomass; germination. As the test objects, seeds of crops have been used growing in the climatic conditions of the Middle Urals and widely used as a phytomeliiorants: red clover (*Trofolium pratense* (L.)), oats (*Avena sativa* (L.)), ordinary mustard (*Brassica nigra* (L.) Koch.). The article describes the research methods and the dependence has been revealed between the effect of soil fetotoxicity with pollution concentrations on the growth of seeds of various crops. The results obtained have been confirmed by mathematical analysis and calculations. Based on the results of studies in phytotoxicity of oil-contaminated soils, the most efficient plant species has been found out for the use in recultivation of oil-contaminated soils.*

**Key words:** oil pollution; soil; phytotoxicity; phytoremediation; anatomical and morphological criteria.

**Введение.** В настоящее время нефтепродукты являются одними из наиболее распространенных и токсичных веществ на территориях, нарушенных в результате антропогенной деятельности. В связи с загрязнением компонентов окружающей среды существует тенденция к сокращению общей площади земель сель-

скохозяйственного использования и снижению их продуктивности [1].

Масштаб угрозы возрастает с каждым днем, поскольку на территории Российской Федерации, ежегодно увеличивается количество аварий, сопровождающихся значительными разливами нефти и нефтепродуктов. Только в 2011 г. произошло более 20 тыс.

официально зарегистрированных аварий, но эти данные представляются заниженными и служат скорее примером недоинформированности государственных органов. По некоторым данным, нефтяным компаниям удается скрывать до 90 % случаев аварий [1].

Загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами нарушает и угнетает все жизненные процессы: подавляются дыхательная активность и микробное самоочищение, изменяется естественное соотношение численности микроорганизмов, меняется направление обмена веществ, происходит накопление загрязняющих веществ в виде трудноокисляемых продуктов [2].

В результате процессов микробиологического и химического разложения происходит испарение нефти и нефтепродуктов, что приводит к загрязнению атмосферного воздуха [3]. Кроме того, происходит вымывание нефтепродуктов поверхностными ливневыми и талыми водами из почвенного профиля в водные объекты, что приводит к их загрязнению. При попадании нефтепродуктов вода приобретает характерный запах и привкус, вследствие чего становится непригодной для потребления по органолептическим показателям.

**Актуальность исследований.** На сегодняшний день существует широкий выбор методов для ликвидации нефтяного загрязнения, однако из всех способов очистки и рекультивации почв при умеренной степени загрязнения наиболее эффективными считаются биологические [4–6].

В мировой практике с 1980-х гг. для очистки окружающей среды от тяжелых металлов, органических и неорганических загрязнителей предлагается использовать отдельные виды растений. Метод очистки окружающей среды был назван фиторемедиацией (от греч. *phyton* — растение и лат. *remedio* — лечение) и основан на том, что многие виды растений способны накапливать загрязняющие вещества в собственных тканях и органах. В некоторых случаях концентрация вредных веществ в тканях и органах растений может превышать их содержание в окружающей среде в десятки и сотни раз [7].

За последние десятилетия фиторемедиация стала активно развивающимся и перспективным биотехнологическим способом очистки компонентов окружающей среды. В работах многих отечественных и зарубежных исследователей показана эффективность использования растений для биоремедиации почв, загрязненных самыми разнообразными веществами, в том числе нефтью и ее компонентами [3; 8; 9].

Положительное воздействие посева растений на нефтезагрязненную почву объясняется тем, что растения используют углеводороды нефти в качестве питания и кроме того своей корневой системой способствуют улучшению газовоздушного режима загрязненной почвы и обогащают ее различными активными соединениями, что в конечном итоге стимулирует рост числа микроорганизмов и, соответственно, интенсифицирует разложение нефти и нефтепродуктов [8].

Основное достоинство биологических методов очистки почв заключается в том, что не разрушается плодородный слой, не требуется применение специальной

техники, не оказывается попутного негативного воздействия на компоненты окружающей среды, практически исключается отрицательное влияние на функционирование аборигенных почвенных биоценозов и не создается препятствий восстановлению первоначального микробного сообщества в почве. В процессе применения биологических методов происходит повышение биогенности почв, стимулирующее активизацию природных резервов экосистемы, увеличение численности аборигенной микрофлоры и рост растений, что в комплексе способствует очищению грунтов от углеводородов нефти.

Следует отметить, что существенным недостатком использования растений при рекультивации нефтезагрязненных почв является их высокая чувствительность к нефтяному загрязнению в силу его токсичности, поэтому фиторемедиация может применяться лишь на почвах со средним уровнем загрязнения.

Первый этап исследований, проведенный в период 2012–2013 гг. [10], включал в себя изучение биологических методов очистки почв с использованием метода биоремедиации, основанного на внесении органических структурообразующих субстратов в состав сильно загрязненных нефтью и нефтепродуктами почв. По результатам исследований доказано, что эффективность применения предлагаемого метода достигает 60 % деструкции нефтепродуктов от их первоначального содержания.

Таким образом, применение метода биоремедиации обеспечивает восстановление сильнозагрязненных почв до уровня, который позволяет использовать следующий этап биологической очистки — фиторемедиацию. Одной из существенных проблем метода фиторемедиации при этом является выбор растений с повышенным уровнем «выживаемости» и продуктивности в загрязненных почвах.

Цель исследования — оценка уровня токсического воздействия углеводородов нефти на произрастание семян отдельных видов растений.

**Методика исследований.** В период с 2013 по 2014 гг. для оценки эффективности метода фиторемедиации проводились полевые исследования с отбором проб почв, наиболее характерных для природно-климатических условий Свердловской области [11]. Камеральные исследования проводились на базе лаборатории мониторинга окружающей среды Уральского государственного университета путей сообщения. В рамках исследований получены исходные данные, необходимые для определения фитотоксичности нефтезагрязненных почв.

В качестве тест-объектов использовались семена культур, произрастающих в природно-климатических условиях Среднего Урала и широко применяемых в качестве фитомелиорантов: клевер луговой (*Trifolium pratense* (L.)), овес посевной (*Avena sativa* (L.)), горчица обыкновенная (*Brassica nigra* (L.) Koch.) [12].

Достоверность данных биотестирования обеспечивалась выращиванием тест-объектов в равных условиях. Для исследований были подобраны сосуды из инертного нетоксичного материала одинаковой цветовой гаммы емкостью 5 л, вмещающие 4 кг почвы. В

каждый из сосудов с равномерным распределением по поверхности производилась посадка семян тест-объектов в количестве 200 шт. Тест-объекты выращивались при одинаковых внешних факторах воздействия: освещенность, приближенная к реальным условиям; влажность почвы, поддерживаемая на уровне 60 % полной влагоемкости; температура, поддерживаемая на уровне 18–25 °C. Полив производился в одинаковое время и с одинаковым объемом. В образцы почв предварительно вносилось определенное количество сырой нефти для получения установленных значений концентрации: 10 мг/кг и 20 мг/кг. Контрольные образцы применялись без загрязнения сырой нефтью.

**Оценка токсического воздействия.** Основная концепция исследований заключалась в быстрой оценке влияния загрязненных почв на морфометрические показатели тест-объектов, выращиваемых на протяжении 45 суток. Для расчета значения фитотоксичности почв ( $T_i$ ) на тест-объекты получена зависимость, за основу которой взята формула фитотоксичности почв, предложенная Л.П. Брагинским (1993).

В отличие от формулы Л.П. Брагинского, для определения значения фитотоксичности использовались четыре критерия, которые, по мнению авторов, являются наиболее значимыми для определения фитотоксичности.

На основании полученных результатов выделены следующие критерии:

- длина ростков тест-объектов, поскольку при процессе фиторемедиации большое влияние на деструкцию углеводородов нефти оказывает фитоиспарение углеводородов нефти с поверхности наземных органов растений;

- длина корней тест-объектов, поскольку одним из основных механизмов фиторемедиации почв от углеводородов нефти является их деструкция микроорганизмами, ассоциированными с корнями растений в ризосфере. Кроме того, своей корневой системой растения способствуют улучшению газовой среды режима загрязненной почвы и обогащают ее различными активными соединениями [8];

- биомасса растений, поскольку деструкция нефтепродуктов в процессе фиторемедиации среди остальных процессов производится за счет использования растениями углеводородов нефти в качестве питания с дальнейшей их фитотрансформацией.

Таким образом, зависимость между значениями фитотоксичности почв и ростом тест-объектов принимает следующий вид:

$$T = k_N \times \left( \frac{N_k - N_x}{N_k} \right) + k_L \times \left( \frac{L_k - L_x}{L_k} \right) + k_l \times \left( \frac{l_k - l_x}{l_k} \right) + k_M \times \left( \frac{M_k - M_x}{M_k} \right), \quad (1)$$

где  $T$  — фитотоксичность, %;  $k_i$  — коэффициент значимости частного критерия;  $N_k$  — всхожесть тест-объектов в контрольном образце, *шт.*;  $N_x$  — всхожесть тест-объектов в исследуемом образце, *шт.*;  $L_k$  — длина ростков тест-объектов в контрольном образце, *см*;  $L_x$  — длина ростков тест-объектов в исследуемом образце,

*см*;  $L_k$  — длина корней тест-объектов в контрольном образце, *см*;  $l_x$  — длина корней тест-объектов в исследуемом образце, *см*;  $M_k$  — биомасса тест-объектов в контрольном образце к концу исследований, *г*;  $M_x$  — биомасса тест-объектов в исследуемом образце к концу исследований, *г*.

Однако при использовании многокритериального подхода к определению токсичности нефтезагрязненных почв возникает необходимость объективной оценки значимости частных критериев ( $k_i$ ). Весовые коэффициенты должны качественно отражать важность соответствующих частных критериев. Величина ( $k_i$ ) определяет важность  $i$ -го критерия и задает в количественном измерении предпочтение  $i$ -го критерия над другими. Весовые коэффициенты ( $k_i$ ) должны удовлетворять условию:

$$\sum_{i=1}^n k_i = 1.$$

Определение коэффициентов значимости частных критериев, применяемых для определения значения фитотоксичности, проводили по системе весовых коэффициентов Фишберна [13]. Первый по значимости фактор имеет вес:

$$k_i = \frac{n}{1+2+\dots+n}, \quad (2)$$

где  $k_i$  — коэффициент значимости частного критерия;  $n$  — количество факторов в рассмотрении.

Коэффициент значимости следующего, менее значимого частного критерия будет рассчитан по идентичной формуле, но в числителе будет значение  $n - 1$ .

Следовательно, учитывая относительную важность того или иного критерия, можно рассчитать коэффициенты значимости для каждого частного критерия:

$$k_l = \frac{4}{1+2+3+4} = 0,4;$$

$$k_N = \frac{4-1}{1+2+3+4} = 0,3;$$

$$k_L = \frac{4-2}{1+2+3+4} = 0,2;$$

$$k_M = \frac{4-3}{1+2+3+4} = 0,1,$$

где  $k_l$  — коэффициент значимости длины корней тест-объектов;  $k_N$  — коэффициент значимости всхожести семян тест-объектов;  $k_L$  — коэффициент значимости длины ростков тест-объектов;  $k_M$  — коэффициент значимости биомассы тест-объектов к концу исследований.

Таким образом, получены значения фиторемедиации для растений, использованных в исследованиях, при установленных концентрациях загрязнения почв углеводородами нефти: 10 мг/кг и 20 мг/кг.

$T_{i-10}$  — фитотоксичность на тест-объекты почв, загрязненных углеводородами нефти в соотношении 10 мг/кг;

$T_{i-20}$  — фитотоксичность на тест-объекты почв, загрязненных углеводородами нефти в соотношении 20 мг/кг;

$$T_{\text{овес-10}} = k_N \times \left( \frac{N_k - N_x}{N_k} \right) + k_L \times \left( \frac{L_k - L_x}{L_k} \right) + k_I \times \left( \frac{l_k - l_x}{l_k} \right) + k_M \times \left( \frac{M_k - M_x}{M_k} \right) = 0,3 \times \left( \frac{110 - 169}{110} \right) + 0,2 \times \left( \frac{49 - 35}{49} \right) + 0,4 \times \left( \frac{22 - 13}{22} \right) + 0,1 \times \left( \frac{10,235 - 6,827}{10,235} \right) = 0,093$$

$$T_{\text{клевер-10}} = k_N \times \left( \frac{N_k - N_x}{N_k} \right) + k_L \times \left( \frac{L_k - L_x}{L_k} \right) + k_I \times \left( \frac{l_k - l_x}{l_k} \right) + k_M \times \left( \frac{M_k - M_x}{M_k} \right) = 0,3 \times \left( \frac{30 - 36}{30} \right) + 0,2 \times \left( \frac{20 - 8}{20} \right) + 0,4 \times \left( \frac{7 - 7}{7} \right) + 0,1 \times \left( \frac{1,098 - 0,503}{1,098} \right) = 0,114$$

$$T_{\text{горчица-10}} = k_N \times \left( \frac{N_k - N_x}{N_k} \right) + k_L \times \left( \frac{L_k - L_x}{L_k} \right) + k_I \times \left( \frac{l_k - l_x}{l_k} \right) + k_M \times \left( \frac{M_k - M_x}{M_k} \right) = 0,3 \times \left( \frac{12 - 8}{8} \right) + 0,2 \times \left( \frac{19 - 10}{19} \right) + 0,4 \times \left( \frac{11 - 5}{11} \right) + 0,1 \times \left( \frac{1,047 - 0,177}{1,047} \right) = 0,546$$

$$T_{\text{овес-20}} = k_N \times \left( \frac{N_k - N_x}{N_k} \right) + k_L \times \left( \frac{L_k - L_x}{L_k} \right) + k_I \times \left( \frac{l_k - l_x}{l_k} \right) + k_M \times \left( \frac{M_k - M_x}{M_k} \right) = 0,3 \times \left( \frac{110 - 161}{110} \right) + 0,2 \times \left( \frac{49 - 28}{49} \right) + 0,4 \times \left( \frac{22 - 11}{22} \right) + 0,1 \times \left( \frac{10,235 - 6,780}{10,235} \right) = 0,180$$

$$T_{\text{клевер-20}} = k_N \times \left( \frac{N_k - N_x}{N_k} \right) + k_L \times \left( \frac{L_k - L_x}{L_k} \right) + k_I \times \left( \frac{l_k - l_x}{l_k} \right) + k_M \times \left( \frac{M_k - M_x}{M_k} \right) = 0,3 \times \left( \frac{30 - 15}{30} \right) + 0,2 \times \left( \frac{20 - 7}{20} \right) + 0,4 \times \left( \frac{7 - 6}{7} \right) + 0,1 \times \left( \frac{1,098 - 0,103}{1,098} \right) = 0,428$$

$$T_{\text{горчица-20}} = k_N \times \left( \frac{N_k - N_x}{N_k} \right) + k_L \times \left( \frac{L_k - L_x}{L_k} \right) + k_I \times \left( \frac{l_k - l_x}{l_k} \right) + k_M \times \left( \frac{M_k - M_x}{M_k} \right) = 0,3 \times \left( \frac{12 - 2}{12} \right) + 0,2 \times \left( \frac{19 - 4}{19} \right) + 0,4 \times \left( \frac{11 - 3}{11} \right) + 0,1 \times \left( \frac{1,047 - 0,004}{1,047} \right) = 0,923$$

### Выводы

На основании проведенных исследований и анализа влияния фитотоксичности нефтезагрязненных почв установленными концентрациями нефти на рост тест-объектов определено, что наибольший показатель фитотоксичности характерен для тест-объекта *Brassica nigra* (L.); выявлено, что наименьший показатель фитотоксичности нефтезагрязненных почв зафиксирован у тест-объекта *Avena sativa* (L.); при повышении дозы нефтяного загрязнения почв показатель фитотоксичности во всех исследуемых образцах увеличивался.

По результатам практического применения фиторемедиации в составе комплекса изучения биологических методов очистки на загрязненных почвах отмечается факт существенного снижения концентрации углеводородов нефти в течение 30–45 дней практически до уровня ориентировочно допустимых концентраций [10; 14].

Таким образом, полученные результаты исследований свидетельствуют, что посев растений на нефтезагрязненную почву является одним из перспективных направлений доочистки. Наиболее эффективным в качестве фиторемедианта является *Avena sativa* (L.), который среди исследуемых тест-объектов менее других подвержен токсическому воздействию нефти и наиболее приспособлен к произрастанию на загрязненных нефтью почвах. Корневая система *Avena sativa* (L.) практически не подвержена токсическому воздействию, о чем свидетельствуют результаты исследований ее морфометрических характеристик. Развитая корневая система *Avena sativa* (L.) способствует образованию почвенных пор, благодаря которым усиливается доступ кислорода в нижележащие слои грунта, а также развитию в ризосферной среде микроорганизмов, которые синтезируют ферменты, активизирующие рост микроорганизмов и разрушение компонентов нефти [14].

Посев семян *Avena sativa* (L.) на нефтезагрязненные, предварительно рекультивированные участки позволяет создать благоприятный воздушный режим в почве, снабдить почву органическим веществом за счет отмирающих клеток корней и выделения различных биоактивных веществ, которые могут непосредственно разрушать загрязнитель или способствовать росту ризосферных микроорганизмов. *Avena sativa* (L.), показав наиболее высокие значения по выбранным критериям, является самым устойчивым к нефтяному загрязнению из всех представленных вариантов и наиболее приемлемым видом растений для использования в целях рекультивации нефтезагрязненных почв Свердловской области.

### Литература

1. Рыбаков С.Н., Майер С.Д., Тарасов А.Г. (НП «Центр экологии ТЭК»), 2011, Предупреждение и ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов. [Электронный ресурс] <http://www.ecoguild.ru/docs/2011plan.htm>, (дата обращения: 01.09.2011).
1. Давыдова С.Л. Превращение нефти в биосфере // Энергия. 2006. № 5. С. 53-58.
2. Назаров А.В., Иларионов С.А. Изучение причин фитотоксичности нефтезагрязненных почв: письма // Альтернативная энергетика и экология. 2005. № 1. С. 60-65.
3. Турковская О.В., Муратова А.Ю. Молекулярные основы взаимоотношений ассоциированных микроорганизмов с растениями. М. Наука, 2005. С. 180-208.
4. Суяндукоев Я.Т., Миркин Б.М., Абдуллин Ш.Р. Роль фитомелиорации в воспроизводстве плодородия черноземов Зауралья (Башкирия) // Почвоведение. 2007. № 10. С. 1217-1225.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: МГУ, 1991. 304 с.

6. Гашев С.Н., Казанцева М.Н., Соромотин А.В. Рекомендации по фитомелиорации нефтезагрязненных земель в Среднем Приобье. Тюмень: Тюменская ЛОС ВНИИЛМ, 1995. 18 с.

7. Назаров А.В. Использование микробно-растительных ассоциаций для очистки почвы от нефтяного загрязнения // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. 2013. Т. 15, № 3 (5). С. 1673-1675.

8. Емельянова Е.К., Алексеев А.Ю., Макеева В.М., Тарасова М.В., Шестопалов М.А., Карпова Е.В., Забелин В.А., Шестопалов А.М., Ильичева Т.Н. Биорекультивация загрязненных нефтью объектов в тюменской области // Вестн. НГУ. Сер. Биология, клиническая медицина. 2010. Т.8. Вып. 4. 159 с.

9. Гаврилин И.И., Шигапов А.М. Перспективы использования аборигенной микрофлоры для борьбы с нефтяным загрязнением // IV Информационной школы молодого ученого: сб. науч. тр. ЦНБ УрО РАН. Екатеринбург, 2014. С. 326-332.

11. Гафуров Ф.Г. Почвы Свердловской области. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. 396 с.

12. Гаврилин И.И., Губарь М.А. Оценка влияния железной дороги на состояние растительности по показателям фитотоксичности почв с использованием тест-объекта «Avena Sativa L» // Междунар. науч.-исслед. журн. 2012. № 7-1 (22). С. 27-29.

13. Горелова Г.В., Кацко И.А. Теория вероятностей и математическая статистика в примерах и задачах с применением Excel. Изд. 4-е. Ростов-н/Д.: Феникс, 2006. 475 с.

14. Гаврилин И.И., Шигапов А.М. Некоторые особенности биологических методов очистки почвогрунтов от загрязнения нефтепродуктами // Междунар. науч.-исслед. журн. 2014. № 3. (22). С. 43-46.

### References

1. Rybakov S.N., Maier S.D., Tarasov A.G. Prevention and elimination of oil spills [Elektronnyi resurs] <http://www.ecoguild.ru/docs/2011plarn.htm>, (data obrashcheniya: 01.09.2011).

2. Davydova S.L. The conversion of the oil in the biosphere // Energy. 2006. № 5. P. 53-58.

3. Nazarov A.V., Ilarionov S.A. The study of the causes of phytotoxicity of the petropolluted bedrocks: letters // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. 2005. № 1. P. 60-65.

4. Turkovskaya O.V., Muratova A.Yu. The molecular basis of the relationship of microorganisms associated with plants. M. Nauka, 2005. P. 180-208.

5. Suyundukov Ya.T., Mirkin B.M., Abdullin Sh.R. Phytoremediative role in the reproduction of fertility of black earth of the Zauralye (Bashkiria) // Eurasian Soil Science. 2007. № 10. P. 1217-1225.

6. Methods of soil Microbiology and biochemistry. M.: MGU, 1991. 304 p.

7. Gashev S.N., Kazantseva M.N., Soromotin A.V. Recommendations for phytoremediation of oil-contaminated lands in the Middle Priobye. Tyumen': Tyumenskaya LOS VNIILM, 1995. 18 p.

8. Nazarov A.V. The use of plant-microbe associations for cleaning soil from oil pollution // Izv. Samar. nauch. tsentra Ros. akad. nauk. 2013. Т. 15, № 3 (5). P. 1673-1675.

9. Emel'yanova E.K., Alekseev A.Yu., Makeeva V.M., Tarasova M.V., Shestopalov M.A., Karpova E.V., Zabelin V.A., Shestopalov A.M., Il'icheva T.N. The revegetation of oil-polluted sites in the Tyumen region // Vestn. NGU. Ser. Biologiya, klinicheskaya meditsina. 2010. Т. 8. Vyp. 4. 159 p.

10. Gavrilin I.I., Shigapov A.M. Prospects for the use of indigenous microflora to combat with oil pollution // IV Informatsionnoi shkoly mladogo uchenogo: sb. nauch. tr. TsNB UrO RAN. Ekaterinburg, 2014. P. 326-332.

11. Gafurov F.G. The soil of the Sverdlovsk region. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2008. 396 p.

12. Gavrilin I.I., Gubar' M.A. Assessment of the impact of the railroad on the condition of the vegetation on indicators of the phytotoxicity of soils using a test object "Avena Sativa L" // International Research Journal. 2012. № 7-1 (22). P. 27-29.

13. Gorelova G.V., Katsko I.A. Probability theory and mathematical statistics in examples and problems with Excel. Izd. 4-e. Rostov-n/D.: Feniks, 2006. 475 p.

14. Gavrilin I.I., Shigapov A.M. Some features of biological methods of purification of soil from oil pollution // International Research Journal. 2014. № 3. (22). P. 43-46.