

АБИОТИЧЕСКИЕ И БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Исследовано состояние нефтезагрязненных почв различными методами биоиндикации. Подбран комплекс методов биоиндикации для оценки нефтезагрязненных земель в условиях Ханты-Мансийского автономного округа. Выявлены биологические параметры почв при самовосстановлении и рекультивации.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение почв, методы биоиндикации, абиотические факторы почвенной среды, интенсивность дыхания почв, токсичность почв, протеазная, уреазная, каталазная активность почв.

Загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами является одним из наиболее распространенных загрязнителей окружающей среды антропогенного происхождения. В процессе нефтедобычи на месторождениях, при транспортировке нефти неизбежно происходят ее разливы, ведущие к нарушению экологического равновесия и функционирования природных экосистем [1].

Нефть изменяет физико-химические свойства почвы, почвенной биоты и функциональных процессов. Особенность биологической деятельности почв при нефтяном загрязнении изучена недостаточно для Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, что определяет актуальность данной проблемы. Комплексная оценка почв, загрязненных нефтью, с использованием различных методов биоиндикации позволит более достоверно оценить их состояние на основе показателей жизнеспособности живых организмов. Полученные результаты расширяют знания об особенностях биологической деятельности почв в условиях нефтяного загрязнения при рекультивации и ее отсутствии в условиях Среднего Приобья. Они могут быть использованы для решения проблем, связанных с восстановлением нефтезагрязненных почв, при разработке новых методов рекультивации и оценке существующих.

Исследования проводили в летний период с 2008 по 2011 год на территории Ватинского и Смотлорского месторождений Нижевартовского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и в модельных экспериментах. На экспериментальных территориях были выбраны 20 участков: контрольные (не загрязненные нефтью) и участки с различной степе-

ню нефтяного загрязнения (рекультивированные и некультивированные).

При проведении исследований были изучены: абиотические факторы почвенной среды (температура, pH, окислительно-восстановительные свойства почвы методом автографии на фотобумаге) и биотические – интенсивность дыхания почв, токсичность по лизису колоний азотобактера, отношение микроорганизмов к кислороду и способность их к дезаминированию аминокислот, ферментативная активность почв (скорость разложения клетчатки, протеазная, пероксидазная, дегидрогиназная, инвертазная).

Изучение температурного режима нефтезагрязненных почв выявило увеличение данного показателя на всех опытных участках, что связано со слабой отражающей способностью солнечных лучей нефтезагрязненной почвы. На поверхности почвы максимальная температура была на опытных некультивированных участках и составила 23 °С. Рекультивация не приводила к полному восстановлению температурного режима по сравнению с контрольными вариантами, рекультивированные почвы на опытных участках характеризовались минимальными значениями температуры 16 °С и приближались к контрольным вариантам.

На глубине 10 см прослеживалась такая же закономерность, т. е. нефтезагрязненные почвы имели более высокий температурный режим. Некультивированные опытные участки, с высоким процентным содержанием нефти, отличались максимальными показателями на глубине 10 см, их температура составляла 19 °С.

С увеличением глубины почвы температурный режим контрольных и опытных вариантов

на некоторых участках выравнивался (рис. 1). Вероятно, это связано с меньшим проникновением солнечных лучей на почву и прогреванием ее на глубине 20 см.

Почвы изучаемой территории имели кислую реакцию (рис. 2), что связано с широким распространением торфяных почв, образующихся в результате отмирания сфагновых мхов. Контрольные варианты почвы имели кислотность среды в пределах рН 4,9–5,3. Рекультивированные почвы характеризовались сильнокислой рН 4–4,8, что связано с промывкой почв, внесением удобрений (азофоска, аммиачная селитра), которые подкисляют почву.

Полученные нами данные свидетельствуют о снижении уровня рН в сильно кислую сторону после рекультивации.

Таким образом, температурный режим почв, загрязненных нефтью, был выше контрольных вариантов, что связано с меньшей отражатель-

ной способностью почвы. С увеличением глубины почвы на некоторых опытных участках температура не отличалась от контрольных вариантов. Реакция почвенной среды, для всех участков была кислой, на рекультивированных участках рН почвенного раствора сдвигалась в сильнокислую сторону.

В условиях нефтяного загрязнения изменяются окислительно-восстановительные свойства почвы, повышается ее восстановленность и снижается окислительный потенциал. Эта закономерность подтверждается литературными данными для других регионов (Исмаилов, 1988).

Увеличение восстановительного потенциала в условиях загрязнения почвы нефтью замедляет разложение органических остатков. Восстановительная среда отрицательно влияет на развитие корневой системы растений [2].

В процентном отношении снижение окислительного потенциала (рис. 3) было макси-

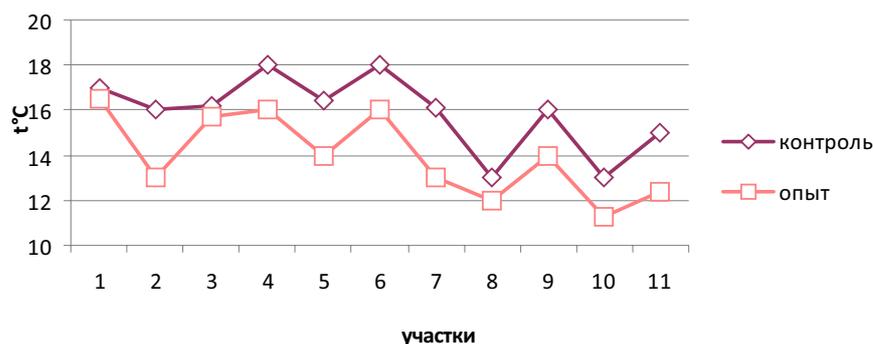


Рисунок 1. Показатели температуры (на глубине почвы 20 см) на момент исследования*

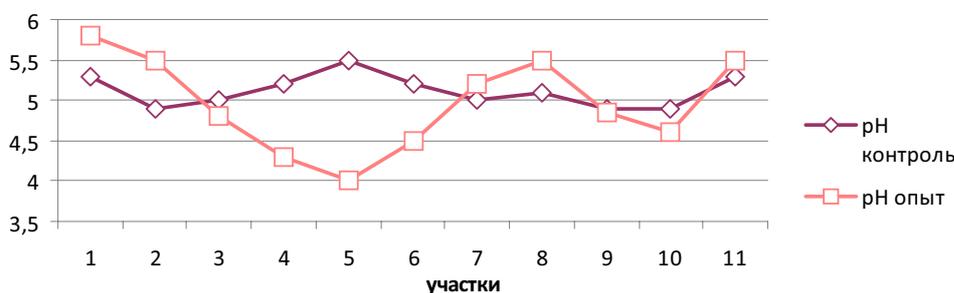


Рисунок 2. Показатели рН почвы исследуемых участков

* Обозначения к рисункам 1, 2, 4, 5, 7, 9: 1 – некультивированный (21,3%); 2 – некультивированный (1,3%); 3 – рекультивированный в 2005 г. (2,6%); 4 – рекультивированный в 2007 г. (3,9%); 5 – рекультивированный в 2007 г. (5,3%); 6 – рекультивированный в 2007 г. (3,9%); 7 – некультивированный (1,7%); 8 – некультивированный (10%); 9 – рекультивированный в 2008 г. (4%); 10 – рекультивированный в 2008 г. (13,7%); 11 – некультивированный (20%).

мально в опытном варианте, при содержании нефти 16%.

Динамика изменения восстановительного потенциала была противоположна окислительному. Контрольные участки имели самый низкий восстановительный потенциал.

Интенсивность дыхания почвы характеризует степень развития почвенной биоты и является индикатором ее состояния, она чутко реагирует на нефтяное загрязнение.

Выявлено, что скорость выделения углекислого газа почвами нерекультивированных участков со слабой и средней степенью нефтяного загрязнения приближается к показателям контрольных вариантов (рис. 4). Контрольные варианты имели максимальную скорость дыхания почвы, которая достигала 9 кг/га в 1 ч. CO_2 . Низ-

кая интенсивность дыхания почв была на нерекультивированных участках с сильной степенью нефтяного загрязнения (21,3%, 20%), которая составляла около 6 кг/га CO_2 в 1 ч. На рекультивированном участке она была выше и достигала 8 кг/га CO_2 в 1 ч.

В условиях нефтяного загрязнения почвы преобладают анаэробные условия, что приводит к угнетению жизнедеятельности живых организмов в почве [3].

Токсичность нефтезагрязненных почв, определяемая по лизису колоний азотобактера (рис. 5), была выше контрольных вариантов.

Разница между опытными и контрольными вариантами составляла до 20% и выше. На нерекультивированных почвах с концентрациями нефти 21,3%, 20% процент лизиса состав-

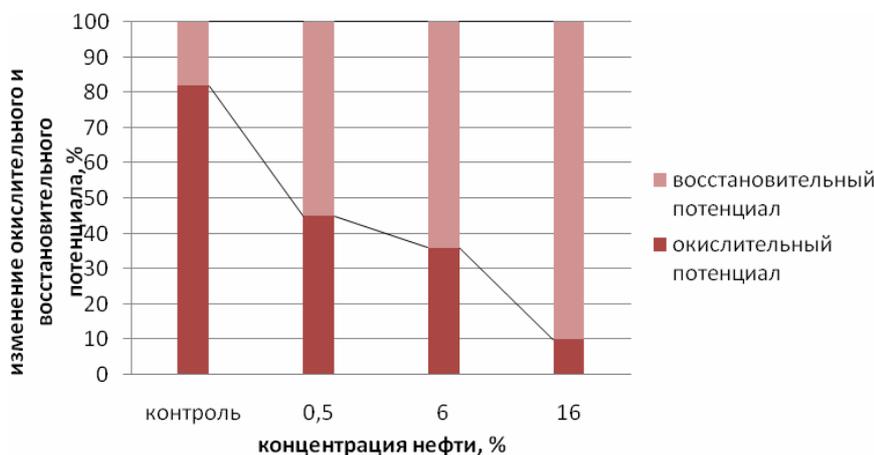


Рисунок 3. Изменение окислительного и восстановительного потенциала почв в условиях нефтяного загрязнения

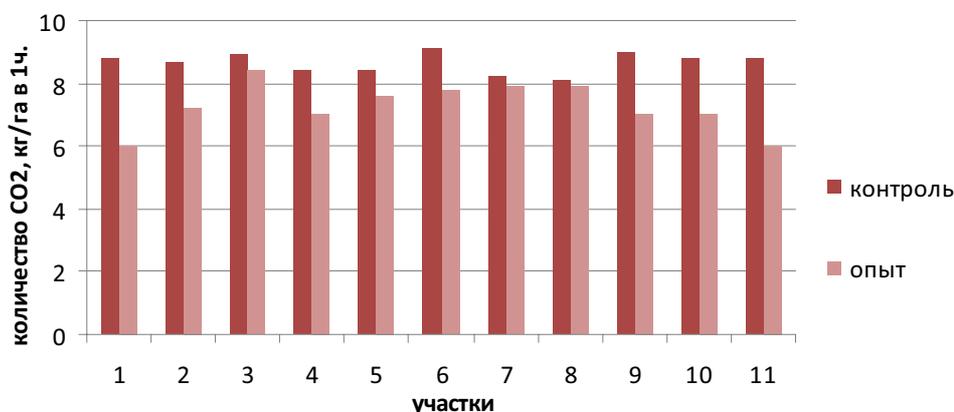


Рисунок 4. Влияние нефтяного загрязнения на интенсивность дыхания почвы

лял 65%, 75%. На рекультивированных участках в 2007 г. с невысоким содержанием нефтепродуктов в почве он был ниже и достигал 43%.

Таким образом, наличие в почве продуктов нефти активизирует лизис колоний азотобактера. Данный показатель может служить индикатором токсичности нефтезагрязненных почв.

Анализ данных при изучении коэффициента токсичности почвенных вытяжек из контрольных и опытных вариантов по приросту клеток *Chlorella vulgaris* выявил, что рекультивация снижает величину токсичности, однако полного восстановления почв не наблюдалось. Коэффи-

циент токсичности увеличивался с повышением концентрации нефти в почве и был самым высоким на некультивированных участках.

Оценка состояния почв по скорости прироста колеоптелей овса выявила, что прирост колеоптелей на нефтезагрязненных участках рекультивированных и некультивированных был значительно ниже, по сравнению с контрольными вариантами. Их рост зависел от содержания нефти в почве. На некультивированных участках с высоким содержанием нефти и небольшой давностью разлива скорость роста была самой низкой. На основе калибровочной кривой по скорости роста колеоптелей в зависимости от концентрации нефти было выявлено содержание нефтепродуктов в изучаемой почве. Эти результаты позволяют рекомендовать данный показатель для оценки состояния нефтезагрязненных почв.

При нефтяном загрязнении наблюдалось увеличение процессов дезаминирования аминокислот в почве. Наиболее высокую степень расщепления мы наблюдали при концентрации нефти 7%, снижение содержания нефти уменьшает реакции дезаминирования аминокислот (рис. 6).

Аминокислоты служат микроорганизмам субстратом в энергетических процессах, они подвергаются дезаминированию, в результате чего освобождается аммиак, используемый микроорганизмами для поддержания своей жизнедеятельности [4].

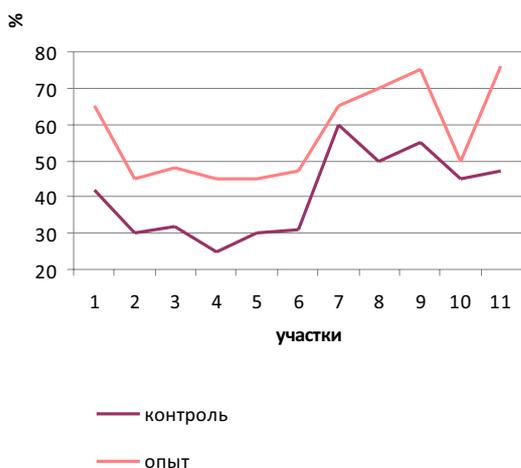


Рисунок 5. Особенности лизиса колоний азотобактера на контрольных и опытных участках

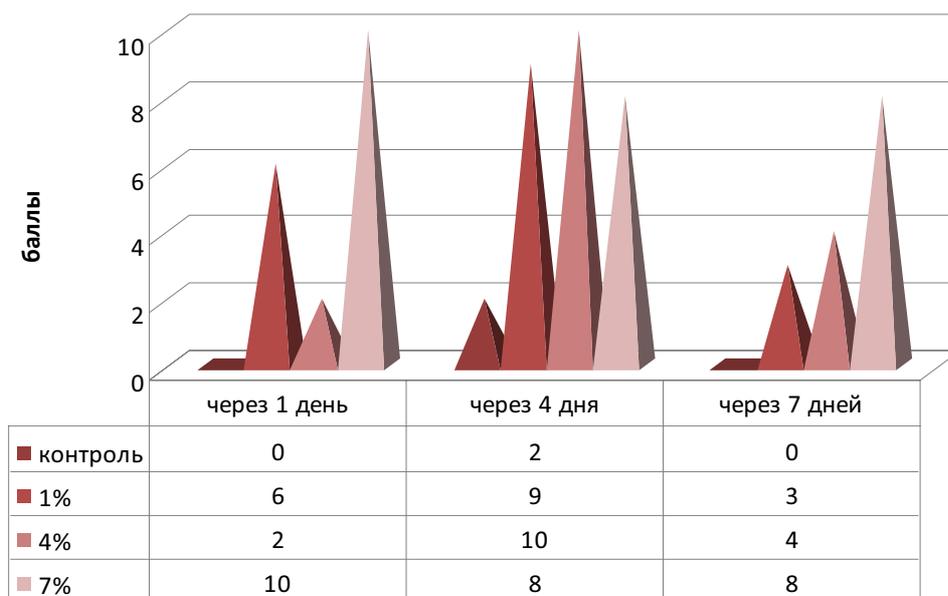


Рисунок 6. Влияние нефтяного загрязнения почв на процессы дезаминирования аминокислот

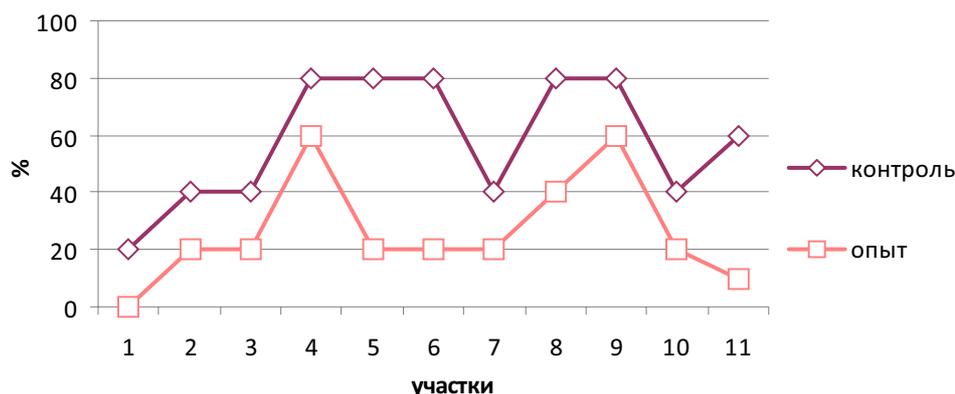


Рисунок 7. Особенность протеиназной активности почв в условиях нефтяного загрязнения

Пик выделения аминокислот был характерен для всех опытных вариантов на 4 день проведения эксперимента.

Через неделю количество выделившейся аминокислоты снизилось, за исключением варианта с максимальным процентным содержанием нефти 7%. Таким образом, нефтяное загрязнение активирует процессы дезаминирования аминокислот.

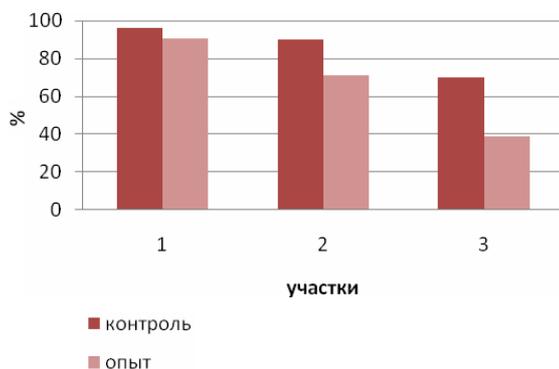
Экспериментально установлено, что протеиназная активность почв, определяемая по скорости разложения эмульсионного слоя на рентгеновской пленке, была значительно выше в контрольных вариантах по сравнению с опытными. На контрольных вариантах она достигала 80% и колебалась от 20 до 80%. На некультивируемых участках с концентрацией нефти 21,3%, 20% она имела самые низкие показатели. Рекультивация повышала этот процесс, но не приводила к его полному восстановлению. Активность протеазы снижалась пропорционально концентрации поллютанта, что свидетельствует об ингибировании процессов гидролитического расщепления белков. В условиях самовосстановления на некультивируемых участках, опытных вариантов, с высоким процентным содержанием нефтепродуктов в почве (21,3%, 20%) протеиназная активность была самой низкой (0%, 7%). На рекультивированных участках протеиназная активность повышалась (60%), но не достигала контрольных вариантов (рис. 7).

Инвертазную активность почвы изучали на основе изменения оптических свойств раствора сахарозы до и после воздействия фермента.

В условиях нефтяного загрязнения она уменьшалась с увеличением степени загрязнения нефтью и была самой низкой на некультивируемом участке. На рекультивированной почве она была выше, но не достигала показателей активности данного фермента на контрольных участках. Изменение инвертазной активности контрольных и исследуемых образцов представлено на рис. 8.

Таким образом, нефтяное загрязнение снижает инвертазную активность почвы, тем самым снижая потенциальную способность почвы вызывать гидролиз углеводов, содержащих в качестве компонента фруктозу. Наши результаты подтверждают литературные данные Ибрагимовой (2008).

Целлюлозоразлагающая активность почвы, определяемая по скорости разложения бумаги, на изучаемых участках зависела от кон-



1 – рекультивированный 2005 г. (2,6 %); 2 – некультивируемый (20%); 3 – некультивируемый (21,3%).

Рисунок 8. Инвертазная активность почв в условиях нефтяного загрязнения

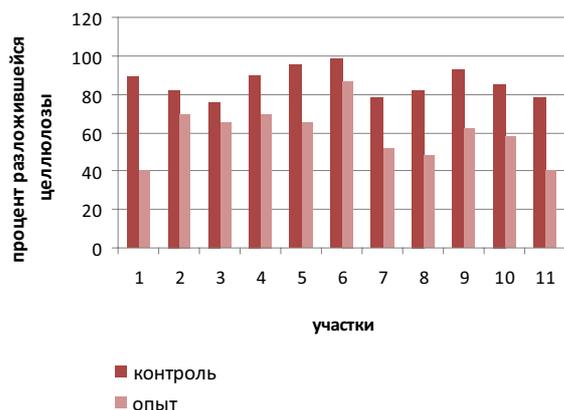


Рисунок 9. Особенности разложения бумаги на изученных экспериментальных участках

центрации нефти в почве (рис. 9). Самые низкие показатели разложения бумаги выявлены на некультивируемых участках. При высоком процентном содержании нефтепродуктов в почве (21,3%, 20%) они составляли 40%. Низкое содержание нефтепродуктов в почве часто стимулировало процессы разложения целлюлозы, в опытных вариантах наиболее высокая

активность характерна для почв рекультивированных участков, процент разложения составил от 63–85%, при содержании нефти 3,9%. Наши результаты подтверждают имеющиеся литературные данные (Киреева, 2001). В контрольных вариантах скорость разложения, по сравнению со всеми опытными участками, была выше и варьировала от 76–98%.

Таким образом, нефтяное загрязнение приводило к снижению целлюлозоразлагающей активности почв на всех экспериментальных участках. Некультивируемые участки с концентрацией нефти 20%, 21,3%, имели самую высокую степень подавления данного показателя. Рекультивация полностью не восстанавливала данный процесс.

Скорость разложения бумаги была в несколько раз выше скорости разложения ткани, но имела ту же закономерность.

Применяемый комплекс методов биоиндикации хорошо отражает состояние почвы, загрязненной нефтью, и может быть использован при их биомониторинге.

27.09.2012

Список литературы:

1. Чижов, Б.Е. Лес и нефть Ханты-Мансийского автономного округа / Экологический фонд Ханты-мансийского автономного округа. – Тюмень: Ю. Мандрики, 1998. – 144 с.
2. Исмаилов, Н.М. Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязненных земель // Современные проблемы биосферы: Сб. статей. – Москва: Наука, 1988. – С. 222–230.
3. Алиев, С.А. Влияние загрязнения нефтяным органическим веществом на активность биологических процессов почв // АН АзССР. Сер. биол. наук. – 1977. – №2. – С. 46–49.
4. Андреева, Т.А. Интегральная оценка воздействия нефтяного загрязнения на параметры химического и биологического состояния почв таежной зоны Западной Сибири: автореф. дис.: 11.00.02. – Томск, 2005. – 26 с.

Сведения об авторах:

Иванова Нина Александровна, кандидат биологических наук кафедры экологии, профессор Нижневартовского государственного гуманитарного университета
Усачева Юлия Николаевна, аспирант Нижневартовского государственного гуманитарного университета
 628600, г. Нижневартовск, ул. Дзержинского, 11, тел. (3466) 436586, e-mail nggu@wsmail.ru

UDC 57.047

Ivanova N.A., Usacheva J.N.

Niznevartovsk state university of humanities, e-mail: Maximus8884@mail.ru

ABIOTIC AND BIOTIC FACTORS OF OIL CONTAMINATED SOIL

State of oil-contaminated soils has been analyzed via various methods of biological indication. A set of biological indication methods for evaluation of oil contaminated soil has been selected specially for Khanty-Mansy Autonomous Okrug. Biological parameters of the soil during recultivation and self-recovery were determined.

Key words: Oil pollution of soils, evaluation of oil-contaminated soil bioindication methods, abiotic factors of the soil environment, soil respiration rate, the toxicity of soils by lysis of the colonies of Azotobacter, the ratio of oxygen to the microorganisms and the deamination of amino acids, the rate of decomposition of cellulose, protease, urease, catalase activity of soil.

Bibliography:

1. Chizhov, B.E. Forest and oil of Khanty-Mansy Autonomous Okrug. – Tumen: Yu. Mandriki, 1998. – 144 p.
2. Ismailov, N.M. Modern state of methods of oil contaminated soil recultivation. – Moscow: Nauka, 1988. – P. 222–230.
3. Aliev, S.A. Organic oil pollution influence on activity of soil biological processes // AN AzSSR Biological sciences. – 1977. – №2. – P. 46–49.
4. Andreeva, T.A. Integral estimation of oil-contamination influence on the chemical and biological state of soil in the taiga zone of Western Siberia: Abstract of a thesis, 11.00.02. – Tomsk, 2005. – 26 p.