В.Л.Богданов, И.В.Шмелева, А.П.Яковицкая
НИИ географии при Санкт-Петербургском университете

УДК 502.654

БИОРЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА, ЗАГРЯЗНЕННОГО НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Исследованиями луговых фитоценозов установлена пороговая концентрация нефтепродуктов в дерново-подзолистых почвах (3 л/м^2), превышение которой приводит к нарушению жизнедеятельности растений. На участках с такой степенью загрязнения почвы растительный покров формируется на второй год после техногенного нарушения территории. Присутствие в почве нефтепродуктов в концентрации 4-5 л/м^2 вызывает гибель до 95-100 % естественной флоры. Анализ результатов исследований позволяет выделить на основе реакции луговых растений три степени загрязнения почвы нефтепродуктами: слабое (1-2 л/м^2), среднее (3 л/м^2) и сильное (более 4 л/м^2).
Для биоремедиации загрязненных почв целесообразно культивировать клевер луговой и ползучий, ежу сборную, овсяницу луговую, тимофеевку луговую. Наилучшим биостимулятором активизации почвенной микрофлоры – деструкторов нефтеуглеводородов – в условиях оптимальной влажности почвы оказался органический компост на основе торфа

Investigations of meadow phytocenosis established a threshold concentration of petroleum oils for turf-underashed soils at 3 liters/m^2, which can lead to stunted plant growth. On the territories with such soil deterioration the plant mantle is formed on the second year after the technogenic breach of the territory. Presence in soils of petroleum oils in concentrations 4-5 liters/m^2 caused death in 95-100 % of natural flora. Results of the analysis allows to pick out three stages of deterioration at the base of meadow plants reaction: low (1-2 liters/m^2), middle (3 liters/m^2) and high (more than 4 liters/m^2).
For bioremediation of fouled soils it is reasonable to cultivate *Trifolium pratense L., Trifolium repens L., Festica pratensis Huas. Dactylis glomerata L., Phleum pratense L.* It was defined that the best biostimulator of soil microflora activation – petroleum oils destructors in conditions of optimum moistenation of soils, is a peat-based compost.

При аварийных разливах нефти или нефтепродуктов (НФП) наиболее распространенным способом очистки почвы является механический. Однако из-за высокой стоимости работ этот метод имеет ограниченное применение. Кроме того, он нецелесообразен при загрязнении почвенного покрова нефтепродуктами в низких концентрациях. Поэтому необходим поиск новых малозатратных и эффективных способов восстановления почвенно-растительного покрова на территориях, загрязненных нефтеуглеводородами в невысоких концентрациях. Этому актуальному вопросу и посвящены исследования, проведенные на территории Ленинградской области.

Исследования проводились на основе полевых экспериментов, которым предшествовали лабораторные опыты. Почва на опытных участках была загрязнена отработанным моторным маслом. Первый полевой опыт был заложен в 1999 г. с целью изучения эффективности применения биопрепарата «Аурос» при биоремедиации почв, загрязненных нефтепродуктами, установления токсичных доз нефтепродуктов для луговых растений и возможностей восстановления естественной растительности на землях с техногенным нарушением. На контрольном участке в почву вносился биопрепарат «Аурос» (125 г/м^2), на опытном пахотный слой почвы загрязнялся нефтепродуктами в дозах 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 и 5,0 л/м^2 на фоне применения биопрепарата «Аурос» из расчета 125 г/м^2

Биопрепарат «Аурос» является новым отечественным продуктом микробиологической переработки отходов рыбной промышленности и целлюлозно-бумажного производства. Он содержит полный комплекс питательных веществ, необходимых для роста и развития растений, а также имеет ряд

свойств, отвечающих агротехническим требованиям. Было установлено, что биопрепарат «Аурос» активизирует жизнедеятельность микроорганизмов – деструкторов нефтепродуктов.

Опытный участок был вспахан на глубину 20 см, почву разрыхлили, а затем внесли нефтепродукты и биопрепарат «Аурос».

На этом участке описание растительности проводили в течение трех лет: с 1999 по 2001 г. Результаты исследования показали прямую зависимость формирования растительного покрова от степени загрязнения почвы и от времени, прошедшего с момента загрязнения. В год закладки опыта (1999) лето было засушливым, но, несмотря на это, при всех дозах нефтепродуктов в почве наблюдалось поселение на делянках луговых растений различных семейств. При высоких концентрациях нефтепродуктов (4,0 и 5,0 л/м^2) растительный покров сформировался из растений-первопоселенцев: тысячелистника обыкновенного, подорожника большого, мари белой, сурепицы обыкновенной, птичьего горца, полыни горькой, одуванчика лекарственного. Проективное покрытие площади этими растениями составило в этот год от 1 до 5 %.

При отсутствии в почве нефтепродуктов (контрольный участок) наблюдалось поселение самосевом таких видов растений, как вика посевная, клевер красный, подорожник большой, осот розовый, сурепица обыкновенная.

Результаты наших исследований показали, что засушливое лето 1999 г. в Ленинградской области (за июль выпало только 74 % от среднемесячной нормы осадков) негативно повлияло на эффективность применения биопрепарата «Аурос». Влажность почвы за весь период вегетации находилась ниже оптимальной (60 % от полной влагоемкости). Это повлияло на растворимость питательных веществ, содержащихся в биопрепарате, и он не оказал существенного влияния на почвенную микрофлору, способствующую разрушению нефтепродуктов в почве.

Погодные условия в вегетационный период 2000 г. для роста и развития растений были близки к оптимальным. Ранее внесенный в загрязненную почву биопрепарат «Аурос» способствовал повышению в ней активности фермента инвертазы. Инвертазная активность почвы является важным показателем интенсивности заселения почвы растениями. С увеличением в почве концентрации нефтепродуктов этот показатель снижается.

Там, где биопрепарат не вносился, активность инвертазы в корнеобитаемом слое почвы составляла 57,5 мг глюкозы на 10 г почвы за 24 ч, тогда как в присутствии биопрепарата активность инвертазы повысилась до 59,7 мг глюкозы на 10 г почвы за 24 ч.

За летний период 2000 г. количество видов растений на загрязненных почвах возросло с 14 (май) до 18 (сентябрь). Наиболее интенсивно формировался растительный покров на почвах с содержанием НФП до 3 л/м^2 и биопрепарата 125 г/м^2: осенью общее проективное покрытие почвы растительностью составило 60-80 %.

На третий год постановки эксперимента при внесении 2-3 л/м^2 НФП количество видов самопоселившихся растений сократилось по сравнению с предыдущим годом и составило 7-9 видов, а при внесении 5 л/м^2 НФП – 5 видов. Однако проективное покрытие поверхности почвы растениями на этих вариантах возросло до 68-82 %.

Наиболее устойчивыми к загрязнению почв НФП в высоких концентрациях (4-5 л/м^2) оказались мятлик луговой, овсяница луговая, райграс пастбищный, пырей ползучий, клевер гибридный, клевер ползучий, одуванчик лекарственный, ромашка лекарственная, подорожник большой, осот полевой.

В опыте, поставленном в 2001 г. для изучения фитодетоксикации загрязненных почв нефтепродуктами, на фоне внесения биостимуляторов высевали травосмесь из многолетних трав: овсяницы луговой (5,0 г/м^2), ежи сборной (5,0 г/м^2); тимофеевки луговой (1,5 г/м^2), клевера белого (1,0 г/м^2); клевера лугового (2,5 г/м^2) при 100-процентной всхожести семян.

Эксперимент проводился в следующих условиях:

- внесение в почву НФП в дозах 1,0; 2,0 и 3,0 л/м^2 и минерального удобрения азофоска (30 г/м^2);

• внесение в почву 4,0 л/м^2 НФП и 150 г/м^2 биопрепарата «Аурос»;

• внесение в почву 5,0 л/м^2 НФП и 6 кг/м^2 торфонавозного компоста.

Нефтепродукты на поверхность естественного луга были внесены за 1 месяц до посева семян многолетних трав и применения биостимуляторов. Перед посевом семян трав почва луга была вспахана на глубину до 20 см и разрыхлена. После посева семян на глубину до 1,0 см почву прикатали. После внесения в почву биостимуляторов (минерального удобрения, биопрепарата «Аурос» и торфонавозного компоста) почву тщательно перемешивали.

Результаты этого опыта показали, что посев наиболее устойчивых к загрязнению почвы нефтеуглеводородами культурных видов многолетних трав на фоне внесения в почву биостимулятора роста растений, способствовал ускоренному восстановлению техногенно-нарушенных участков. Даже при содержании в почве 5 л/м^2 НФП при внесении в почву торфонавозного компоста и поддержании оптимальной влажности почвы для растений (60-80 % от полной влагоемкости), в первый год биоремедиации проективное покрытие поверхности почвы сеяными луговыми травами составило около 36 %. Наименее эффективными в качестве биостимуляторов роста растений и микрофлоры – деструкторов нефтепродуктов оказались биопрепарат «Аурос» и минеральные удобрения. В этих вариантах эксперимента площадь проективного покрытия почвы растительностью составила соответственно 27 и 33 %.

Выводы

Дозы загрязнения почвы нефтепродуктами свыше 4,0 л/м^2 являются токсичными для луговых фитоценозов. На основе реакции луговых растений можно выделить три степени загрязнения почвы нефтепродуктами: слабое (1-2 л/м^2), среднее (3 л/м^2) и сильное (более 4 л/м^2).

В условиях Ленинградской области к растениям-первопоселенцам, формирующим растительный покров на нефтезагрязненных землях, при концентрации в почве нефтепродуктов 1,0-5,0 л/м^2 следует отнести тысячелистник обыкновенный, подорожник большой, марь белую, сурепицу обыкновенную, птичий горец, полынь горькую, одуванчик лекарственный, осот полевой, ромашку лекарственную, мятлик луговой, пырей ползучий.

Проективное покрытие территории растительностью при ее самозалужении на третий год после загрязнения почв нефтепродуктами в высоких концентрациях (4-5 л/м^2) составляет 79-68 %.

При биоремедиации загрязненных почв целесообразно применять торфоорганический компост (не менее 6 кг/м^2) и высевать в повышенных нормах наиболее устойчивые к содержанию в почве нефтеуглеводородов культурные виды луговых трав: овсяницу луговую, ежу сборную, тимофеевку луговую, клевер луговой, клевер ползучий.

В засушливый период эффективность метода биоремедиации почв, загрязненных нефтепродуктами, резко снижается, поэтому на этих участках необходим полив.