

## **Методика оценки целесообразности и эффективности рекультивации нефтезагрязненных почв на основе наиболее чувствительных и информативных биологических показателей**

**С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, Т.В. Денисова, Е.В. Даденко, М.С. Мазанко, Е.Н. Ротина**

Для оценки целесообразности и эффективности рекультивации нефтезагрязненных почв целесообразно использовать интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы, определяемого на основе наиболее чувствительных и информативных биологических показателей. Если до рекультивации разница ИПБС между загрязненной и незагрязненной (фоновой) почвой составляет менее 10 %, рекультивацию проводить не целесообразно. Если значение ИПБС рекультивированной почвы и значение ИПБС незагрязненной почвы различаются менее чем на 10 %, значит рекультивация проведена эффективно.

### **Введение**

Химическое загрязнение почв приводит к нарушению экологических функций почвы и почвенного покрова. Загрязненные нефтью и нефтепродуктами земли требуют рекультивации. Однако прежде чем проводить рекультивацию, следует оценить целесообразность ее проведения. А после рекультивации целесообразно оценить ее эффективность.

Для оценки целесообразности и эффективности рекультивации можно использовать показатель остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в почве. Однако он не дает объективной картины о состоянии и функционировании почвы, поскольку одно и то же содержание нефти или нефтепродукта в одних почвах (менее устойчивых к загрязнению) будет вызывать нарушение выполнения почвой своих экосистемных функций, а в других почвах (более устойчивых к загрязнению) эта же доза нефти не повлияет на нормальное функционирование почвы.

Более информативным показателем нарушения экологических функций почвы вследствие ее химического загрязнения является интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы, определяемый на основе наиболее информативных биологических показателей [1-4]. Биологические показатели высокочувствительны и первыми показывают отклонение почвы от нормального состояния и функционирования [6-10]. Работой [11] установлено, что если ИПБС уменьшился менее чем на 5 %, то почва выполняет экофункции нормально. При уменьшении интегрального показателя от 5 до 10% наблюдается нарушение информационных экосистемных функций почвы. Если снижение ИПБС составляет от 10 до 25 %, то, помимо информационных, нарушаются биохимические, физико-химические, химические и целостные экосистемные функции. Наконец, уменьшение ИПБС более чем на 25 % свидетельствует о нарушении всех вышеперечисленных функций, а также физических экосистемных функций.

В Майкопском районе Республики Адыгея располагался один из крупных очагов мазутного загрязнения почв и поверхностных вод, названный впоследствии «Майкопским полигоном». Сбросы мазута и конденсата с мазутом из котельной в течение длительного времени привели к катастрофическому загрязнению прилегающей к ней территории. Загрязненный участок стал полигоном для изучения влияния мазутного загрязнения на почвы в естественных условиях и для исследования целесообразности и эффективности рекультивации почв, загрязненных мазутом [12-16].

Целью настоящего исследования было разработать и апробировать методику оценки целесообразности и эффективности рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, на основе наиболее чувствительных и информативных биологических показателей.

### **Методы исследования**

Территория «Майкопского полигона» была загрязнена мазутом от котельной, в которой использовали топочный мазут 100, четвертого вида, с

массовой долей серы менее 2 %, зольностью зольность 0,14 % и менее и температурой застывания до минус 25°C.

Почвенный покров «Майкопского полигона» образован двумя типами почв: черноземом выщелоченным слитым и бурой лесной слабонасыщенной почвой. Зональная растительность территории представлена буково-дубово-грабовым лесом.

При осмотре местности наблюдались старые и свежие пятна мазута.

Рекультивация почвенного покрова «Майкопского полигона» осуществлялась в два этапа. На техническом этапе удаляли мазут с поверхности почвы. Если мазут значительно насытил верхний слой почвы, то удаляли весь этот слой почвы. На биологическом этапе те участки, на которых в результате технической рекультивации была уничтожена растительность, были распаханы и засеяны озимой пшеницей.

Почва для лабораторно-аналитических исследований была отобрана трижды: до рекультивации (I), после технического (II) и биологического (III) этапов рекультивации. Почву отбирали на незагрязненных (фоновых) участках и на участках, в разной степени загрязненных мазутом.

Определение биологических показателей состояния почвы было выполнено общепринятыми методами [17, 18]. ИПБС почвы рассчитывали на основе наиболее чувствительных и информативных биологических показателей: активность каталазы и дегидрогеназы, обилие бактерий р. *Azotobacter*, всхожесть редиса. Эти показатели были выбраны из следующих соображений: Каталаза и дегидрогеназа относятся к окислительно-восстановительным ферментам. Они наиболее чувствительны к загрязнению почвы нефтью и нефтепродуктами, в результате нарушения воздушного режима почвы. Обилие бактерий р. *Azotobacter* является традиционным высокочувствительным и высокочувствительным индикатором химического загрязнения почв, и характеризует состояние микроорганизмов в почве. Всхожесть семян позволяет судить об условиях прорастания растений.

Предлагаемая методика оценки целесообразности и эффективности рекультивации загрязненных мазутом почв по биологическим показателям заключается в сравнении ИПБС загрязненной и незагрязненной почв, а также почвы до и после рекультивации. Для этого отбирали пробы незагрязненной (фоновой) и загрязненной мазутом почвы. В обоих образцах почвы определяли четыре биологических показателя: активность каталазы и дегидрогеназы, обилие бактерий р. *Azotobacter* и всхожесть редиса. На их основе рассчитывают ИПБС почвы. Для этого значение каждого из четырех показателей в незагрязненной почве принимали за 100%, а значения в загрязненной почве выражали в процентах от 100. Затем определяли среднее значение четырех показателей в загрязненной почве. Полученное значение ИПБС выражено в процентах к фону (к 100%).

### Результаты и их обсуждение

В табл. 1 представлен ИПБС почв, рассчитанный по наиболее чувствительным и информативным биологическим показателям: активность каталазы и дегидрогеназы, обилие бактерий р. *Azotobacter*, всхожесть редиса.

Техническая рекультивация фактически не изменило состояние чернозема выщелоченного слитого: ИПБС изменил значение с 70 % от фона до рекультивации на 69 % от фона после рекультивации (табл. 1). В то же время после технического этапа рекультивации биологическое состояние бурой лесной почвы значительно ухудшилось: ИПБС уменьшился с 88 % до 78 %. Это обусловлено тем, что во время технической рекультивации при удалении мазута был снят верхний слой почвы. Для чернозема слитого это не так опасно, поскольку гумус распределен по его профилю относительно равномерно, благодаря чему ИПБС фактически не изменился. А на бурой лесной почве, запасы гумуса в которой сосредоточены в основном в верхнем слое, удаление последнего привело к значительному снижению ИПБС.

Таблица 1

Изменение ИПБС почв «Майкопского полигона» в результате их рекультивации, % от фона

Этап	Нерекультивированная территория		Рекультивированная территория		Разница между 1 и 3	Разница между 1 и 2
	Фон	Загрязнение (незначительное *) осталось	Этапы рекультивации	Загрязнение (значительное **) ликвидировано		
	1	2		3		
<b>Чернозем слитой</b>						
I	100	95	До рекультивации	70	-30	-5
II	100	101	После технической рекультивации	69	-31	1
III	100	106	После биологической рекультивации	95	-5	6
<b>Бурая лесная почва</b>						
I	100	118	До рекультивации	88	-12	18
II	100	116	После технической рекультивации	78	-22	16
III	100	113	После биологической рекультивации	82	-18	13

\* в среднем 0,26 мг/г в черноземе слитом и 0,18 мг/г в бурой лесной почве;

\*\* в среднем 0,32 мг/г в черноземе слитом и 0,21 мг/г в бурой лесной почве;

После биологического этапа рекультивации ИПБС увеличился и в черноземе слитом, и в бурой лесной почве: с 69 % до 95 % и с 78 % до 82 % соответственно.

Таким образом, после двух этапов рекультивации ИПБС чернозема выщелоченного слитого увеличился с 70 % до 95 %. ИПБС бурой лесной почвы, напротив, уменьшился с 88 % до 82 %.

Что касается участков, на которых рекультивация не проводилась, так как их загрязнение было незначительно, то там ИПБС чернозема выщелоченного слитого увеличился с 95 % до 106 %, а ИПБС бурой лесной почвы относительно уменьшился с 118 % до 113 % от фона. Полученные данные позволяют сделать два вывода. Во-первых, малые дозы мазута оказывают стимулирующий эффект на биологические свойства почвы. Во-вторых, решение не проводить рекультивацию почвы с незначительным содержанием мазута (незначительным загрязнением) было правильным.

Как показали предыдущие исследования [11, 19], снижение ИПБС более чем на 10 % приводит к нарушению важных экологических функций

почвы. Следовательно, в том случае если до рекультивации разница ИПБС между загрязненной и незагрязненной (фоновой) почвой составляет менее 10 % — рекультивацию проводить не целесообразно, если более 10 % — следует проводить рекультивацию (табл. 2).

Таблица 2

Оценка целесообразности рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, по ИПБС, % от фона

Незагрязненная (фоновая) почва	Загрязненная почва	Целесообразность рекультивации
100	> 90	Нецелесообразна
100	< 90	Целесообразна

Если после рекультивации значение ИПБС рекультивированной и незагрязненной почв различаются менее чем на 10 %, значит рекультивацию следует признать эффективной, более чем на 10 % — неэффективной (табл. 3).

Таблица 3

Оценка эффективности рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, по степени снижения ИПБС, % от фона

Незагрязненная (фоновая) почва	Рекультивированная почва	Эффективность рекультивации
100	> 90	Эффективна
100	< 90	Неэффективна

Поскольку разница ИПБС между загрязненным и незагрязненным черноземом до рекультивации была 30 %, а после только 5 %, а это меньше 10 % (табл. 1), то проведенную рекультивацию чернозема выщелоченного слитого следует признать эффективной.

Другая ситуация с бурой лесной почвой. После технического этапа рекультивации ИПБС резко снизился с 88 % до 78 %, что связано с удалением верхнего самого плодородного слоя почвы, в котором

сосредоточены практически все запасы гумуса бурой лесной почвы. Биологическая рекультивация несколько выправила ситуацию: ИПБС увеличился с 78 % до 82 %, но он все равно не восстановился до значений, которые были до технической рекультивации — 88 %. Таким образом, проведение технического этапа рекультивации на бурой лесной почве было нецелесообразным. Поскольку до рекультивации ИПБС загрязненной и незагрязненной бурой лесной почвы различались на 12 %, а это близко к 10 %, то проведение рекультивации было целесообразным, но только ее биологического этапа, особенно принимая во внимание генетические особенности профиля бурой лесной почвы — содержания основных запасов гумуса только в верхнем горизонте почвы.

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (14.515.11.0055).

### **Выводы**

Если в результате химического загрязнения значение ИПБС почвы уменьшилось менее чем на 10 %, то основные экологические свойства почвы не нарушены. Соответственно, если до рекультивации разница ИПБС между загрязненной и незагрязненной (фоновой) почвой составляет менее 10 % — рекультивацию проводить не целесообразно, если более 10 % — целесообразно. Если после рекультивации значение ИПБС рекультивированной и незагрязненной почв различаются менее чем на 10 %, значит рекультивация проведена эффективно, более чем на 10 % — неэффективно.

### **Литература:**

1. Капралова О.А. Влияние урбанизации на эколого-биологические свойства почв г.Ростова-на-Дону [Электронный ресурс] // Инженерный Вестник Дона. - 2011. №4. - Режим доступа:

<http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/594> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

2. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства чернозема обыкновенного [Текст] // Экология. 2000. - № 3. - С. 193-201.

3. Колесников С.И., Азнаурьян Д.К., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Устойчивость биологических свойств почв Юга России к нефтяному загрязнению [Текст] // Экология. 2010. - № 5. - С. 357-364.

4. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Татосян М.Л., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологическое состояние чернозема обыкновенного [Текст] // Почвоведение. 2006. - № 5. - С. 616-620.

5. Frankenberger W.T., Johanson Jr., Johanson J.B. Influence of crude oil and refined petroleum products on soil dehydrogenase activity [Текст] // J. Environ. Qual. 1982. - V. 11. № 4. - P. 602-607.

6. Popa A. Inductia enzimatica in sol ca leste ecotoxicologic-ic pentru poluanti anorganici si organici [Текст] // Stud. Univ. Babeş-Bolyai. Biol. 2000. - V. 1. №45. - P. 129-138.

7. Хазиев Ф.Х., Тишкина Е.И., Киреева Н.А. Влияние нефтепродуктов на биологическую активность почв [Текст] // Биол. науки. 1988. - № 10. - С. 93-99.

8. Киреева Н.А., Новоселова Е.И., Онегова Т.С. Активность каталазы и дегидрогеназы в почвах, загрязненных нефтью и нефтепродуктами [Текст] // Агрохимия, 2002. - № 8. - С. 64-72.

9. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микробную систему чернозема [Текст] // Почвоведение. 1999. - № 4. - С. 505-511.

10. Зерщикова М.А. Последствия загрязнения окружающей среды и их влияние на экономические показатели (методы сохранения и улучшения состояния окружающей среды) [Электронный ресурс] // Инженерный Вестник Дона. - 2011. № 1. - Режим доступа:

<http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/326> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

11. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологические функции почв и влияние на них загрязнения тяжелыми металлами [Текст]// Почвоведение. 2002. - № 12. - С. 1509-1514.

12. Колесников С.И., Гайворонский В.Г., Ротина Е.Н., Жаркова М.Г., Денисова Т.В., Казеев К.Ш. Результаты экспериментального изучения загрязнения бурых почв мазутом [Текст]// Геоэкология. 2011. - № 2. - С. 183-187.

13. Колесников С.И., Гайворонский В.Г., Ротина Е.Н., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Оценка устойчивости почв Юга России к загрязнению мазутом по биологическим показателям (в условиях модельного эксперимента) [Текст] // Почвоведение. 2010. - № 8. - С. 995-1000.

14. Колесников С.И., Тлехас З.Р., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Изменение биологических свойств почв Адыгеи при химическом загрязнении [Текст] // Почвоведение. 2009. - № 12. - С. 1499-1505.

15. Колесников С.И., Татлок Р.К., Тлехас З.Р., Казеев К.Ш., Денисова Т.В., Даденко Е.В. Биодиагностика устойчивости предгорных и горных почв Западного Кавказа к загрязнению нефтью и нефтепродуктами [Текст] // Доклады РАСХН. 2013. - № 1. - С. 30-34.

16. Rotina E.N., Kolesnikov S.I. Pollution effect by black oil on biological properties of soils [Текст] // Abstracts of The Eurosoil Symposium. Vienna. Austria. 2008. - P146. - P. 208.

17. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. [Текст] - Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. 2012. - 260 с.

18. Методы почвенной микробиологии и биохимии [Текст] / Под ред. Д.Г. Звягинцева. - М.: Изд-во МГУ, 1991. - 304 с.

19. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Азнаурян Д.К., Жаркова М.Г. Биодиагностика экологического состояния почв, загрязненных

нефтью и нефтепродуктами. [Текст] Ростов-на-Дону.: ЗАО Ростиздат, 2007. - 192 с.