

УДК 606:63.631

UDC 606:63.631

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

**ВЕРОЯТНОСТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМОГО ПОЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОТЕХНОЛОГИИ****PROBABILITY OF ESTIMATION OF AMELIORATIVE CONDITION OF IRRIGATED FIELD WHEN USING BIOTECHNOLOGY**Сафронова Татьяна Ивановна  
д.т.н., профессорSafronova Tatyana Ivanovna  
Dr.Sci.Tech., professorПолторак Ян Александрович  
аспирант  
*Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия*Poltorak Yan Aleksandrovich  
researcher  
*Kuban State Agricultural University, Krasnodar, Russia*

Для охраны сельскохозяйственных земель и водных объектов разработана биотехнология – круглогодичная утилизация животноводческих и спиртовых отходов. Технология переработки органических отходов с помощью дождевых червей (вермикомпостирование) дает возможность использовать отходы животноводческих комплексов, производить очистку сточных вод при минимальных энергозатратах. В полевом опыте, проведенном в учхозе «Кубань», для детального изучения влияния проведенных мероприятий заложены площадки. В статье приводится методика вероятностного оценивания мелиоративного состояния орошаемого поля. Определяется непараметрическая статистическая оценка степени соответствия почв нормативным условиям

The biotechnology (year - round utilization of livestock and spirit wastages) was developed for the protection of farmlands and water objects. Technology of processing of organic wastages by means of earthworms (vermicomposting) gives the chance to use wastages of livestock complexes, to make a sewage disposal at minimum energy consumption. In the field experiment which was made in the training farm called "Kuban" for the detailed studying of influence of the held events there were put the platforms. The technique of probability of estimation of ameliorative condition of an irrigated field is given in the article. The nonparametric statistical assessment of degree of soil compliance to the normative conditions is defined

Ключевые слова: БИОТЕХНОЛОГИЯ, ВЕРМИКУЛЬТИВИРОВАНИЕ, МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРИРОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ВЕРОЯТНОСТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ

Keywords: BIOTECHNOLOGY, VERMI COMPOSTING, MELIORATIVE CONDITION, NATURAL SAFETY, PROBABILITY ESTIMATION

**Doi: 10.21515/1990-4665-121-110**

В настоящее время интенсивное сельскохозяйственное производство приводит к существенному снижению в почвах органического вещества. В результате механической обработки почв, отчуждения вместе с урожаем значительной части находящихся в них органических веществ, недостатка или вообще полного отсутствия органических удобрений и из-за ряда других факторов нарушается оптимальное для плодородных почв соотношение органических и минеральных веществ в сторону преобладания последних. Такой процесс минерализации может развиваться столь интенсивно,

что остановить его невозможно, он становится необратимым и почва навсегда утрачивает плодородные свойства.

Необходим поиск технологий, предупреждающих отрицательные экологические последствия интенсификации сельского хозяйства. Высокие урожаи сельскохозяйственных культур можно получить только при совместном применении минеральных и органических удобрений. Органические удобрения, помимо повышения урожайности, улучшают структуру и плодородие почв, способствуя увеличению содержания гумуса. Вермикомпостирование раскрывает широкие перспективы для научно-обоснованного применения биологического метода в мелиорации и позволяет рассматривать его как один из путей реанимации плодородия почвы и решения экологических проблем.

Биокомпост представляет собой высокоэффективное органическое удобрение, обеззараженное от личинок и яиц гельминтов, патогенной микрофлоры, не содержит жизнеспособных семян сорняков. Характеризуется высоким содержанием органического вещества и благоприятными физическими свойствами. Содержит подвижные формы азота и фосфора, способствующие оптимизации минерального питания растений.

В КубГАУ на кафедре гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения разработана комплексная биотехнология для получения органического удобрения, в которой используются отходы спиртового производства и свиноводческие отходы [1].

Для проверки биотехнологии были проведены полевые опыты в учхозе «Кубань», где твердые отходы свиноводческой фермы «Пятачок» были утилизированы после вермикомпостирования на полях хозяйства при выращивании сои. Для более детального изучения влияния проведенных мероприятий на агрохимические свойства почвы заложены площадки. Схема расположения скважин осуществлена согласно требованиям методики [1].

Почва опытного поля представлена чернозёмом выщелоченным малогумусным сверхмощным тяжелосуглинистым. По мощности гумусового горизонта чернозем выщелоченный относится к сверхмощному виду, по механическому составу это легкая иловато-пылеватая глина. Содержание физической глины в пахотном горизонте ( $A_{\text{пах}}$ ) - 63,9%. Распределение фракций механических элементов по профилю относительно равномерно.

Основным отличительным признаком чернозема выщелоченного является вымытость карбонатов кальция из их гумусового горизонта ( $A + AB$ ) вследствие большого увлажнения.

По схеме агроклиматического районирования Краснодарского края территория учхоза «Кубань» входит в третий агроклиматический район, который характеризуется умеренно-континентальным климатом. По количеству выпадающих осадков (643 мм) территория хозяйства относится к умеренно - влажному району. Коэффициент увлажнения (КУ) равен 0,30-0,40. По теплообеспеченности относится к жаркому району. Сумма температур за период активной вегетации составляет 3567°C. Безморозный период продолжается 191 день. Периоды с температурой  $> 6^{\circ}\text{C}$  и  $10^{\circ}\text{C}$  длятся соответственно 243 или 195 дней.

Осадки кратковременные, преимущественно ливневые, за период активной вегетации выпадает более 50 % (343 мм). Испаряемость за вегетационный период на территории хозяйства колеблется от 549 до 732 мм. Наиболее оптимальные условия увлажнения создаются в тех случаях, когда количество выпадающих осадков приближается к величине испаряемости. Разница между испаряемостью и количеством выпадающих осадков приближается к величине испаряемости и в данном случае составляет 206 - 386 мм.

Необходимо отметить, что колебания годовых сумм осадков очень большие. Они связаны с крайне неравномерным их выпадением по годам в

летнее время за счет ливней. Максимальное количество осадков за год выпадает с мая по июнь. К августу сумма осадков снижается.

Метеорологические условия вегетационного периода сои в год проведения исследований отличались от среднемноголетних и имели свои особенности [2]. Даты наступления фаз развития растений находятся в зависимости от погодных условий. При низкой влажности и высокой температуре периоды между фазами сокращались, при более высокой влажности и прохладной погоде – увеличивались (табл. 1).

Таблица 1 – Фенологические наблюдения за развитием сои

Год	Посев	Всходы		Цветение		Полная спелость
		начало	массовые	начало	массовое	
полевые опыты						
<b>2009</b>	7.05	14.05	19.05	24.06	29.06	28.09

К настоящему времени подробно разработана продукционная модель SOYMOD – имитационное описание развития и роста сои. Модель относится к моделям углеродно-азотного типа, так как в ней в качестве функций контроля за ростом различных частей растений используют соотношение между углеродом и азотом.

При обработке полевых опытов в учхозе «Кубань» вегетационный период с 7.05 по 28.09 разбивали на интервалы согласно SOYMOD. В опыте проводились фенологические наблюдения по фазам развития сои, учеты и анализы почвенных и растительных образцов

В оценке мелиоративного состояния орошаемых почв при использовании биогумуса важен вопрос природной безопасности. Состояние почв обусловлено большим количеством случайных факторов. Прогнозирование отдельных деградационных процессов, а также суммарной деградации почв вследствие различных неблагоприятных антропогенных и других

факторов продолжает оставаться сложной и недостаточно изученной проблемой. В настоящее время известны и используются для оценки деградации почв разнообразные способы: общая качественная оценка деградации, изменения качественных показателей в баллах, индексы деградации, баланс вкладов отдельных видов деградации в общей (суммарной) деградации, эмпирические выражения (по опытным данным), экспертный метод (отличается субъективностью результатов).

Существующие методы оценки деградации почв требуют усовершенствования. Необходимо прогнозирование состояния почв, особенно тех показателей, которые определяют плодородие почв и мелиоративное состояние земель: водный режим, запасы кальция и магния, степень насыщенности почвенно-поглощающего комплекса (ППК) основаниями, солевой состав почвенных растворов, рН, наличие солей в твердой фазе (карбонаты, гипс).

Сложность аналитического изучения почвенных процессов связана с нелинейностью, вследствие которой решение затруднено, а численное моделирование требует большого количества данных по входящим в уравнения определяющим параметрам и переменным.

В работе предлагается статистический подход к оценке экологической обстановки.

Деградация почвы является следствием нарушения определенных условий, которые задаются требованиями к характеристикам функционирования почвы. Список почвенных показателей чрезвычайно обширен: морфологические, физические, химические, минералогические, биохимические и др. Показатели стохастичны – определяются суммарным вкладом многих факторов, разнообразными комбинациями элементарных почвенных процессов.

Рассмотрим, как оценить вероятность превышения определенного вещества в почве по предлагаемой методике.

Выбор объективных показателей мелиоративных мероприятий связан с обоснованием методики локальной числовой оценки качества почв. Под локальной числовой оценкой  $Z$  понимается функция от набора показателей  $x_1, x_2, \dots, x_i$

$$Z = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_i), \quad (1)$$

характеризующая качество почвы в конкретной точке и в момент проведения измерений показателей.

Комплексная численная оценка  $F(S)$  орошаемой территории  $S$  определяется по данным измерений показателей состава и свойств почвы в определенных точках и является функцией от локальных числовых оценок в характерных точках на определенный момент времени.

$$F(S) = F(Z_1, Z_2, \dots, Z_N),$$

$$Z_n = \varphi(x_1^{(n)}, x_2^{(n)}, \dots, x_i^{(n)}), n = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

Разработанные экологические требования к орошению почв основаны на определении локальных оценок и сопоставляют состоянию орошаемой территории некоторое число  $F$ , принадлежащее интервалу изменения  $Z_n$ .

Нами предлагается в методологию составления мелиоративных прогнозов ввести оценку экологической обстановки, используя статистический подход при учете реальной пространственно-временной изменчивости показателей состава и свойств почв. Будем рассматривать величину  $F(S)$  функцией случайной выборки наблюдений, что позволит с выбранным уровнем достоверности характеризовать степень соответствия экологической обстановки действующим нормативам. Постановка статистической задачи состоит в следующем: имея ряд локальных оценок  $Z_1, Z_2, \dots, Z_N$  качества почвы, полученных по данным наблюдений в характерных точках на определенный момент времени, а также зная нормативную границу  $Z_{\text{норм}}$  (интервалы изменения  $Z_{\text{норм}}$ ), требуется с заданной доверительной вероятностью  $\gamma$  оценить вероятность  $P(Z \leq Z_{\text{норм}})$  соблюдения норма-

тивного качества почв. В указанной постановке задача обобщенной оценки состояния почв практически эквивалентна задаче выборочного контроля качества промышленных изделий в условиях крупносерийного производства.

Если бы была известна достоверная функция распределения  $\tilde{F}(Z)$  вероятности значений локальной оценки  $Z$ , то искомая вероятность соблюдения нормативного качества почвы определялась также достоверно, то есть с доверительной вероятностью  $\gamma = 1$ . Но конечная выборка наблюдений позволяет получить только приближенную функцию распределения  $\tilde{F}(Z)$  и, следовательно, приближенно вычислить вероятность соблюдения нормативного качества почв

$$P(Z \leq Z_{\text{норм}}) = \Phi(Z_{\text{норм}}) \quad (3)$$

Приближенная оценка (3) характеризует некоторое возможное неблагоприятное состояние почв. Более благоприятному состоянию почв соответствует большая вероятность соблюдения нормативного качества. Следовательно, величина  $\Phi(Z_{\text{норм}})$  как выборочная характеристика возможного неблагоприятного состояния с установленной доверительной вероятностью  $\gamma$  не должна превосходить генеральную характеристику

$$P[\Phi(Z_{\text{норм}}) < \tilde{F}(Z_{\text{норм}})] = \gamma \quad (4)$$

Равенство (4) является условием для выбора приближенной функции распределения из множества возможных вариантов, а выражение (3) можно рассматривать как обобщенную оценку состояния почвы по нижней доверительной границе вероятности соблюдения нормативного качества. При этом величина  $\beta = 1 - \gamma$  есть вероятность или риск принять ошибочное заключение о благополучном состоянии почв в то время, как на самом деле оно было хуже. Вычисления величины  $\Phi(Z_{\text{норм}})$  проводим по следующим рассуждениям. Предполагаем, что на орошаемой территории проведено  $N$  наблюдений и получена однородная выборка локальных оценок качества

почвы, которые упорядочены и перенумерованы в порядке ухудшения качества  $Z_1 \leq Z_2 \leq \dots Z_n \leq Z_{n+1} \dots Z_N$ .

Пусть

$$Z_n \leq Z_{\text{норм}} \leq Z_{n+1} \text{ и } \tilde{\Phi}(Z_{\text{норм}}) = q$$

Тогда вероятность обнаружить такую выборку описывается биномиальным распределением

$$P_n = C_N^n q^n (1 - q)^{N-n} \quad (5)$$

Из определения (4) следует, что нижняя доверительная граница  $P_n$  соответствует такому значению генеральной характеристики  $q$ , при котором вероятность получить количество  $n$  благоприятных исходов по данным наблюдений, равна  $\beta = 1 - \gamma$ . Значит, уравнение для определения нижней доверительной границы можно представить в следующем виде:

$$1 - \gamma = \sum_{k=n}^N C_N^k P_n^k (1 - P_n)^{N-k} \quad (6)$$

Решая уравнение (6), можно определить  $P_n$  и, следовательно, найти искомую приближенную функцию распределения

$$\Phi(Z_n \leq Z < Z_{n+1}) = P_n = \frac{n}{N} \frac{1}{R}, \quad 1 < n < N; \quad (7)$$

$$\Phi(Z < Z_1) = 0 \quad (8)$$

$$\Phi(Z > Z_N) = P_n = (1 - \gamma)^{1/N} \quad (9)$$

Так как исходная информация имеет вероятностный характер, то целесообразно за основную характеристику качественного состояния почв принять вероятность события  $P_n$ , состоящего в том, что качество почвы по данным случайной выборки окажется не хуже заданного класса  $j$ .

Величина  $P_n$ , зависящая от трёх переменных  $\gamma$ ,  $N$  и  $n$ , является непараметрической статистической оценкой степени соответствия почв нормативным условиям.



Практическая полезность такой характеристики определяется тем, что по величине  $P_n$  можно непосредственно сравнивать состояние почв различных участков в различные периоды времени (чем больше  $P_n$ , тем качество почв лучше). Кроме того, по своему определению величина  $P_n$  равна относительной части почвенного участка, загрязнённость которой не выходит за пределы класса качества  $j$ .

Обработка данных полевого опыта показала, что по качественным показателям оросительная вода пригодна для орошения сельскохозяйственных культур. Очищенная вода по суммарному содержанию токсичных солей и содообразованию удовлетворяет требованиям для ЗПО. Прибавка урожая сои составила 3, 8 ц/га.

Проведенные опыты подтверждают экологические преимущества биотехнологии – круглогодичной безотходной утилизации животноводческих и спиртовых стоков.

#### **Литература:**

1. Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е. Сельскохозяйственный мелиоративный комплекс для устойчивого развития агроландшафтов. Монография. Краснодар: изд-во «ЭДВИ», 2014. – 199с.
2. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края, 2010.

#### **References**

1. Kuznecov E.V., Hadzhidi A.E. Sel'skhozjajstvennyj meliorativnyj kompleks dlja ustojchivogo razvitija agrolandshaftov. Monografija. Krasnodar: izd-vo «JeDVI», 2014. – 199s.
2. Agrojekologicheskij monitoring v zemledelii Krasnodarskogo kraja, 2010.