

Секция «Экология»

УДК 631.416.8

К КОНЦЕНТРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ (МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ТРЕНД-ЭКСПЕРИМЕНТ)

Бурлаев Глеб Сергеевич, студент - бакалавр

*Научный руководитель, доцент, кандидат физико-математических наук, УО «Витебская
ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины»*

Борисевич Михаил Николаевич

TO THE CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN SOIL (MATHEMATICAL TREND EXPERIMENT)

Burlaev Gleb Sergeevich, student

Scientific supervisor, associate professor, candidate of physical and mathematical sciences, head of the department of computer education of the educational institution "Vitebsk Order of the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine "**Borisevich Mikhail Nikolaevich**

Аннотация. Материалы статьи посвящены рассмотрению одной частной задачи экологии, связанной с оценкой концентрации тяжелых металлов в почве, с позиций математических методов моделирования, основанных на использовании трендовых линий.

Summary. The materials of the article are devoted to the consideration of one particular environmental problem related to the assessment of the concentration of heavy metals in the soil, from the perspective of mathematical modeling methods based on the use of trend lines.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, концентрация, трендовые линии, математическое моделирование.

Keywords: heavy metals, soil, concentration, trend lines, mathematical modeling.

Введение. Одной из важнейших проблем экологии животноводства является своевременное обезвреживание и утилизация отходов [1, 4], причисленных к загрязнителям окружающей среды и источникам распространения тяжелых металлов в системе «почва – растение» [2].

Роль тяжелых металлов на почвенный состав грунта, а вместе с ним и растений для питания животных, трудно переоценить. Опаснейшими из них являются свинец, кадмий, хром, никель. Не меньшую угрозу представляют также медь, железо, цинк и марганец [3]. До тех пор пока тяжелые металлы крепко связаны с составными частями почвы и труднодоступны, их негативное влияние на почву и окружающую среду будет незначительным. Однако, если почвенные условия позволяют перейти тяжелым металлам в грунтовый раствор, появляется прямая угроза загрязнения почв, возникает возможность их проникновения в растения, а также в организмы людей и животных, которые потребляют эти растения. Кроме того, тяжелые металлы могут быть загрязнителями растений и водоемов в результате использования ила стоковых вод. Загрязнение территории тяжелыми металлами, в большинстве случаев, носит локальный характер. Высокие концентрации тяжелых металлов отмечаются на сельскохозяйственных территориях, где использовались различные виды органических отходов. В таких местах содержание тяжелых металлов в почвах многократно превышает фоновое, а

выращенная здесь растениеводческая продукция может накапливать их в концентрациях выше максимально допустимых уровней.

Материалы и методы. В основу статьи положены данные, являющиеся результатом измерения концентрации тяжелых металлов в почве. Они получены на землях учебно-опытного хозяйства вокруг животноводческого перерабатывающего комплекса – отбирались образцы почвы из верхнего плодородного слоя и определялось содержание подвижных форм тяжелых металлов по методу атомно-абсорбционной спектроскопии в четырех радиусах вокруг объекта загрязнения 100 м, 1 км, 2 км, 3 км.

Результаты исследований и их обсуждение. В последнее время в мировой практике охраны окружающей среды активно развиваются экономически эффективные подходы, связанные с оценкой загрязненности различных территорий металлами, радионуклидами и ядовитыми органическими соединениями. При этом к статистическим оценкам экспериментальных данных все чаще привлекаются математические методы. Они просты в использовании и позволяют установить степень достоверности полученных массивов, их коррелятивные связи, дисперсионные коэффициенты и таким образом количественно подтвердить правомочность руководства данными эксперимента на практике.

Область классических статистических исследований можно значительно расширить, обратившись, например, к методам трендового моделирования, прогнозирования и предвидения. Последние могут стать большим подспорьем классическим приемам, облегчая, например, задачу количественного описания закономерностей и главное, предсказывая ситуацию в динамике на несколько шагов вперед, на так называемую ближнюю или дальнюю перспективу.

Цель данной статьи – привлечение в практику обработки экспериментальных данных, связанных, например, с исследованием концентрации тяжелых металлов в почве, математических методов моделирования, основанных на использовании трендовых линий.

Линии тренда или трендовые линии являются одним из древнейших инструментов графического анализа. Они являются главным элементом современного технического подхода и используются в анализе практически всех графических инструментов, реализованных с помощью современных цифровых технологий. Они помогают оценить текущее состояние исследуемых показателей, позволяя при этом судить об их частоте изменения и перспективных значениях на будущее. В конечном счете трендовые линии позволяют выстраивать правильные заключения.

Среди трендовых линий наиболее распространена восходящая линия. Она характеризует устойчивую тенденцию роста некоторых показателей.

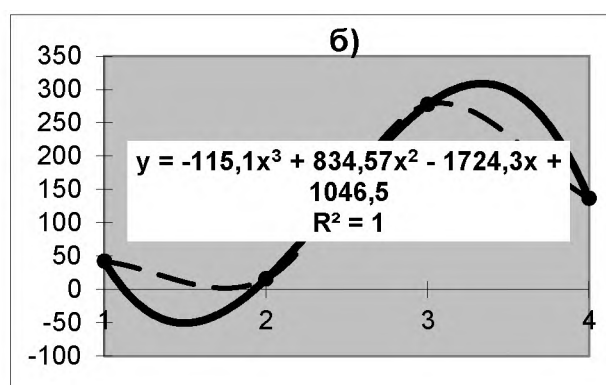
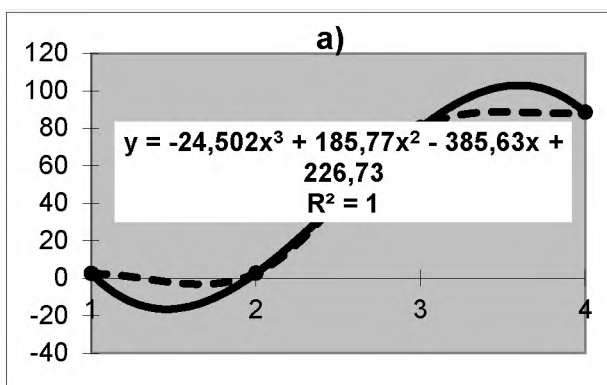
Не менее важную роль играют также и пологие трендовые линии. Они говорят о слабости текущей тенденции и, как правило, сигнализируют о том, что в настоящее время требуется коррекция текущих показателей.

Трендовые линии могут быть описаны различными математическими уравнениями – линейными, логарифмическими, степенными, полиномиальными и т.д. Фактический тип тренда устанавливается на основе подбора его функциональной модели статистическими методами либо методами сглаживания исходного временного ряда. Приоритетными являются статистические методы. Перспективная роль среди них отводится параметрическим исследованиям. Их суть заключается в следующем. Временной ряд рассматривается как гладкая функция от переменной x . При этом сначала выявляют один либо несколько допустимых типов функций $f(x)$, затем различными методами (например, методом наименьших квадратов, являющимся одним из базо-

вых методов регрессионного анализа) оценивают неизвестных параметры функций по выборочным данным, после чего на основе проверки критериев адекватности выбирают окончательную модель тренда. Для практических приложений, например, важное значение имеют линеаризованные тренды, то есть тренды, приводимые к линейному виду относительно параметров использованием тех или иных алгебраических преобразований.

Графическое представление экспериментально снятых зависимостей (концентрации в почве, мг/кг) приведено на рис. 1 для следующей группы тяжелых металлов: железо (а), марганец (б), цинк (в), медь (г), никель (д), свинец (е), хром (ж), кадмий (з). Соответствующие им кривые представлены здесь в виде гладких штриховых линий, соединяющих между собой обозначенные выше точки, заданные в метрах и километрах. На каждом из рисунков приведены также математические уравнения тренд-линий, моделирующих исходные данные. Они получены методом наименьших квадратов, являющимся в настоящее время наиболее распространенным в построении аналитических соотношений. При этом указаны уравнения только тех трендовых линий, которые наилучшим образом аппроксимируют исходные данные. Всего же в математическом эксперименте принимало участие восемь линий тренда: линейная, логарифмическая, степенная, экспоненциальная, полиномиальная второй, четвертой, пятой и шестой степеней. Для всех из них степень приближения к реальной кривой оказалась далеко за уровнем математической надежности. Поэтому эти линии не упоминаются далее в статье, приоритет отдан только полиномиальным линиям третьей степени. Расчеты показали, что именно эти кривые точно описывают приведенные экспериментальные зависимости, погрешность воспроизведения равна нулю. Это следует не только из анализа взаимного расположения кривых, а они практически совпадают, но и из анализа коэффициента аппроксимации R^2 , свидетельствующего о степени сближения трендовых линий с линиями эксперимента. Его значение приведено на рис. 1 для каждого представленного здесь тяжелого металла. Коэффициент аппроксимации может принимать значения от 0 до 1. Очевидно, что при $R^2 = 0$ говорить о совпадении трендовых и экспериментальных линий нет смысла, первые никак не приближаются ко вторым, точнее, воспроизводят исходные данные с максимально возможной ошибкой в 100%, что недопустимо в практике математического моделирования.

В противоположном случае, когда $R^2 = 1$ можно утверждать обратное, причем со 100% уверенностью – линии тренда точно описывают линии эксперимента. При этом погрешность воспроизведения данных в точности равна нулю.



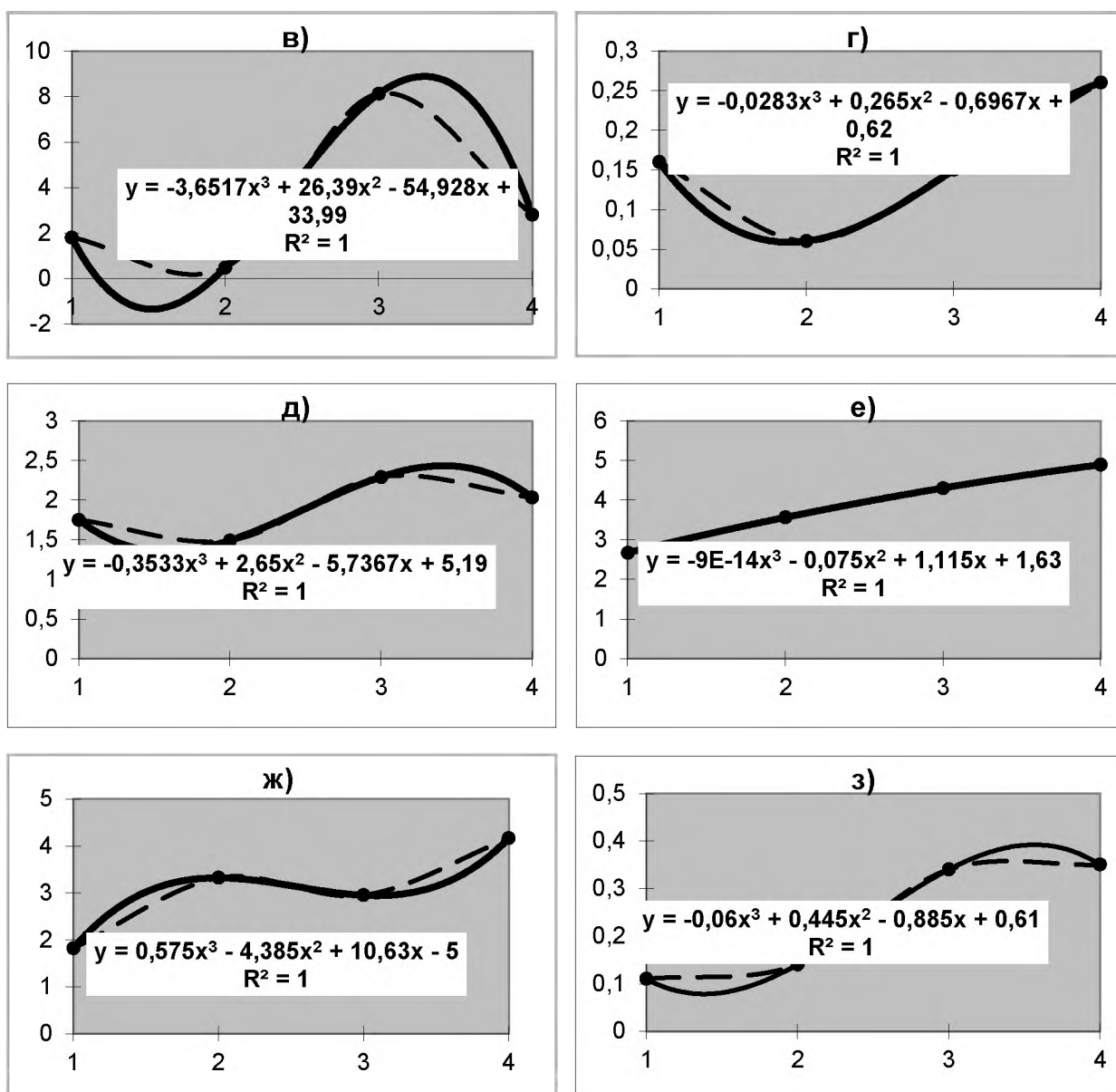


Рис. 1. Концентрация тяжелых металлов в почве (мг/кг) в зависимости от расстояния до объекта загрязнения [2].

1- 100 м, 2 - 1 км, 3 - 2 км, 4 - 3 км;

железо (а), марганец (б), цинк (в), медь (г), никель (д), свинец (е), хром (ж), кадмий (з).

Следует отметить также, что в математической практике такое случается редко. Чаще всего коэффициент R^2 принимает промежуточные значения между 0 и 1. Поэтому в трендовой методологии принято считать, что при выполнении неравенства $0,95 \leq R^2 \leq 1$ вполне обоснованно можно утверждать об удовлетворительном согласии кривых. В остальных случаях имеет силу утверждение иного типа - о неудовлетворительном согласии между тренд-линиями и линиями эксперимента. В таком случае трендовыми линиями пренебрегают и не используют в дальнейшем эксперименте.

Как следует из анализа рис.1, для всех представленных здесь полиномиальных линий коэффициент аппроксимации равен 1. Это означает, что все перечисленные здесь кривые описывают данные эксперимента с максимально допустимой точностью в 100%. Как уже отмечалось, это редкий случай в практике тренд - моделирования, тем не менее, как оказывается, он может иметь место.

Заключение (выводы). Подводя итог проделанной работе, отметим главное. Описанный в статье подход привлечения трендовых линий к представлению опытных данных вполне оправдан в рассмотренной выше частной ситуации, когда речь идет, например, о концентрации тяжелых металлов в почве. Однако можно с уверенностью утверждать, что такие же оценки можно выполнить и во многих других ситуациях, так или иначе связанных со статобработкой эксперимента в экологии животноводства. Для этого следует лишь воспользоваться известными положениями математического моделирования и умело применить их в своей ситуации.

Список литературы

1. Захарова М.М., Сеницын А.В. Освещение статистических данных по экологии в научной литературе и их значение для устойчивого развития общества // Экономика природопользования. 2019. № 2. С. 30-36.
2. Васильев В.А., Яговкин Н.Г. Информационная поддержка принятия управленческих решений в системах управления экологией и безопасностью // Академический вестник ЕЛРПТ. 2018. Т. 3, № 2 (4). С. 13-22.
3. Ахмедов А.А., Толлибоев Д.М. Современная экология: структура экологической области знаний // Школа Науки. 2019. № 7 (18). С. 39-42.
4. Геращенко Т.М. Развитие системы инновационной деятельности агропромышленного комплекса: монография. Брянск, 2011.
5. Разработка комплекса мероприятий по коренному улучшению естественных кормовых угодий, загрязненных радионуклидом Цезий-137 / В.Ф. Шаповалов, В.Г. Плющиков, Н.М. Белоус, А.А. Курганов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2014. № 1. С. 13-20.
6. Эффективность окультуривания дерново-подзолистых почв в земледелии на радиоактивно загрязненных территориях / А.Н. Ратников, Т.Л. Жигарева, К.В. Петров, Г.И. Попова, Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Ф.В. Моисеенко // Бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. 2001. № 114. С. 151-152.
7. Особенности производства экологически безопасной продукции растениеводства в Брянской области / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, Мальцев В.Ф., О.В. Мельникова // Регион - 2006. Конкурентоспособность бизнеса и технологий как фактор реализации национальных проектов: материалы международной научно-практической конференции / под общ. ред. проф. А.В. Матвеева. Брянск, 2006. С. 413-416.

УДК: 631.89

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АГРОХИМИКАТОВ ПЕРСПЕКТИВНЫМ МЕТОДОМ

Жарких Ольга Андреевна, аспирант

Науч. рук., д-р с.-х. наук, доцент РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Дмитревская Инна Ивановна

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF QUALITY CONTROL OF AGROCHEMICALS BY A PROSPECTIVE METHOD

Zharkikh Olga Andreevna, postgraduate of Scientific hands, doctor of agric. sci., Associate Professor of the Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev - **Dmitrevskaya Inna Ivanovna**

Аннотация. В данной работе рассмотрены экологические аспекты внесения больших доз пестицидов и агрохимикатов при интенсивных агротехнологиях возде-