

УДК 615:622

ПРИМЕНЕНИЕ ДОЗОВОЙ ЗАВИСИМОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЯ ХПК В УСТАНОВЛЕНИИ КЛАССА ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ

А.С. Огудов, М.А. Креймер, В.В. Турбинский

ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, Новосибирск, Россия

На типовом примере методических рекомендаций обоснования класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности предложены направления по совершенствованию экспериментальных и расчетных исследований. Обосновано применение помимо кратности разведения – показателя химического потребления кислорода; вместо регрессионной модели – дозовой зависимости «время – ответ».

Ключевые слова: отходы производства и потребления, класс опасности, фитотест, дозовая зависимость, химическое потребление кислорода

THE USE OF DOSE DEPENDENCE AND A CHEMICAL OXYGEN DEMAND INDICATOR WHILE DETERMINING WASTE HAZARD CLASS

Ogudov A.S., Krejmer M.A., Turbinsky V.V.

Novosibirsk Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia

On a typical example of methodical recommendations justification hazard class of waste production and consumption in phytotoxicity proposed directions for improvement of experimental and computational studies. Justified by the use in addition to the multiplicity of dilution – rate chemical oxygen demand; instead the regression model – the dose dependence "time – response".

Key words: waste production and consumption, the hazard class, fittest, dose dependence of chemical oxygen demand

Отходы производства и потребления становятся полигоном экологического управления посредством платежей за загрязнение на основе оценки опасности. Это повышает требования к установлению класса опасности отходов на основе санитарно-токсикологического нормирования.

Роспотребнадзором России утверждены методические рекомендации МР 2.1.7.2297-07 «Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности» (10.10.2007 г.). Фитотоксичность отхода оценивается по биологическому действию его водного экстракта в условиях прямого контакта с тест-растением. Критерием вредного действия считается ингибирование роста корней семян в сравнении с контролем. За фитоэффект (E_T) принимается ингибирование роста корней семян на 20% и более от контроля. Прогнозирование параметров фитотоксичности предполагает использование регрессионной модели, описывающей зависимость величины фитоэффекта от кратности разведения экстракта отхода. Это позволяет установить среднеэффективное разведение (ER_{50}), при котором фитоэффект равен 50% и минимально действующее (пороговое) разведение ($LimR$), вызывающее фитоэффект на уровне 20%. Прогнозирование

осуществляется с помощью шкалы критериев опасности отходов для среднеэффективного разведения: чрезвычайно опасные ($>10^2$), высокоопасные ($>10 - 10^2$), умеренно опасные ($>1 - 10$) и малоопасные (≤ 1).

Используя данные приложения 1 МР, мы выполнили последовательный анализ фитотоксичности, результаты которого представлены в таблице 1. При этом интенсификация и угнетение роста корней тест-культуры (абсолютные признаки) оценивались по отношению к средним значениям в контроле. В отдельной графе таблицы приведено количество семян, не давших всходы. Из общего числа корней с признаками ингибирования роста, в отдельной графе выделено количество значений, превышающих величину LimR. Из таблицы 2 МР 2.1.7.2297-07 использованы следующие данные: средняя длина корней в мм и в процентах к контролю; фитоэффект, в % и качественная оценка характера тест-реакции.

Таблица 1.

Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности на примере тест культуры овса

Показатели	контроль	Кратность разведения экстракта							
		1000	100	50	25	10	5	1	
Интенсификация роста, абс.		10	6	6	3	1	0	0	
Угнетение роста, абс.		11	13	18	13	9	5	0	
В т. ч. более 20% к контролю		9	10	18	12	9	5	0	
Гибель семян, абс.	3	4	6	1	9	15	20	25	
Средняя длина корней, мм	81	78	60	48	44	21	8	0	
Средняя длина корней, % к контролю	100	96,3	73,5	59,7	53,9	26,3	9,7	0	
Фитоэффект, %	0	3,7	26,5	40,3	46,1	74	81	100	
Тест реакция	норма		эффект торможения					гибель семян	

Из табл. 1 видно, что по мере уменьшения кратности разведения, четко снижается количество корней с признаками интенсификации роста, средняя длина корней (в мм и в % к контролю) и усиливается фитоэффект. В то же время, число корней с признаками угнетения роста в диапазоне разведения от 1000 до 50 возрастало, затем последовательно снижалось. Сходная закономерность выявлена при анализе корней с признаками ингибирования роста, превышающих величину LimR. Линейный тренд увеличения числа погибших семян наблюдался только в диапазоне разведений от 25 до 1. В МР уравнение регрессии рассчитано по средней длине корней и имеет выражение $Lg(\text{разведение экстракта отхода}) = -0,02 E_T + 2,63$. При $E_T = 50\%$ необходимая кратность разведения должна составлять 26,92 – соответствует 2 категории (высокоопасные). Обобщение полученных данных позволяет

заклучить, что показатели длины корней отражают эффект ингибирования, а показатели интенсификации, угнетения и гибели – биологический ответ тест-культуры.

С позиций теории общего адаптационного синдрома, неспецифический ответ организма на патогенное воздействие возникает не только у животных, но и у высших растений [9]. Имеются основания полагать, что интенсификация роста корней тест-культуры отражает фазу резистентности общего адаптационного синдрома, ингибирование роста корней и гибель семян – фазу истощения. В ранние сроки токсического воздействия вероятно интенсификация роста корней тест-культуры, имеющая приспособительный характер. В последующие сроки нарастающий дефицит энергетических и пластических ресурсов приводит к угнетению роста корней, их истощение влечет гибель семян. Очевидно, что расходование резерва энергетического и пластического обмена тест-культурой и сроки его истощения определяются объемом внутренней работы, направленной на устранение повреждающего воздействия токсикантов [7]. Следовательно, для оценки полной динамики фитотоксического действия, наряду с концентрационным фактором, целесообразно учитывать временной фактор, отражающий связь времени действия экстракта отходов с количественными и качественными характеристиками фитотоксического эффекта.

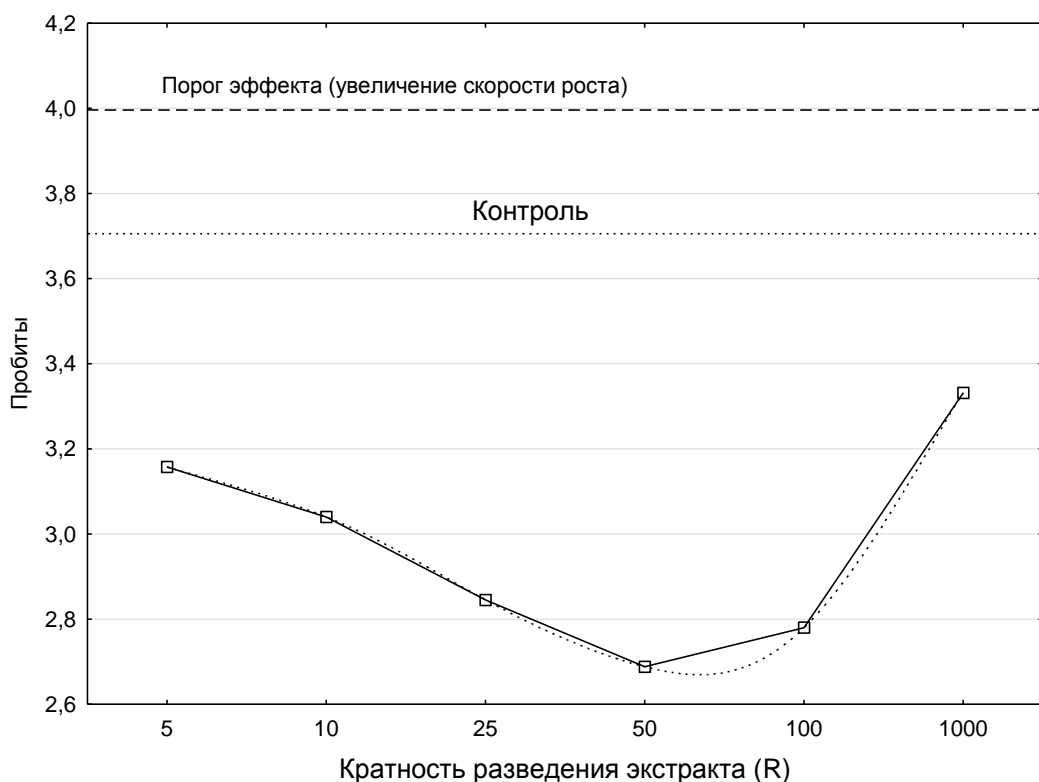


Рисунок 1. Определение вероятностных порогов эффекта по интенсификации роста корней тест-культуры с помощью метода пробит-анализа. На оси ординат обозначена вероятность эффекта по интенсификации роста корней тест-культуры, пробиты, на оси абсцисс кратность разведения экстракта.

Построенная с помощью сплайн-функции линия динамики эффектов при испытываемых кратностях разведения подтвердила последовательное снижение

вероятности развития эффекта интенсификации роста корней тест-культуры в диапазоне от 5 до 50-и кратного разведения и возрастание – при кратности разведения 100 и 1000 (рис.1). Видно, что все эмпирические значения пробитов не достигали контрольного уровня. Прямая «доза-ответ», отражающая зависимость частоты наступления эффекта по угнетению роста корней тест-культуры от кратности разведения, в диапазоне от 5 до 100 кратного разведения располагалась выше уровня в контроле в зоне вредного эффекта (E_{84} / E_{16}), что доказывало высокую вероятность ингибирования роста корней семян (рис. 2). При кратности разведения 1000 значение фитоэффекта располагалось на уровне контроля, что являлось признаком развития состояния адаптации. Фазовые изменения резистентности тест-культуры к токсическому воздействию отражали колебания эмпирических значений пробитов в диапазоне от 25 до 50 кратного разведения.

Прогнозирование параметров фитотоксичности по фактическим (контроль, 7 разбавлений и 25 посевов по каждому разбавлению), а не по средним данным ингибирования роста корней позволяет получить следующее уравнение регрессии: $Lg(\text{разведение экстракта отхода}) = -0,009 E_T + 1,86$. При $E_T = 50\%$ необходимая кратность разведения должна составлять 25,70 – соответствует 2 категории (высокоопасные).

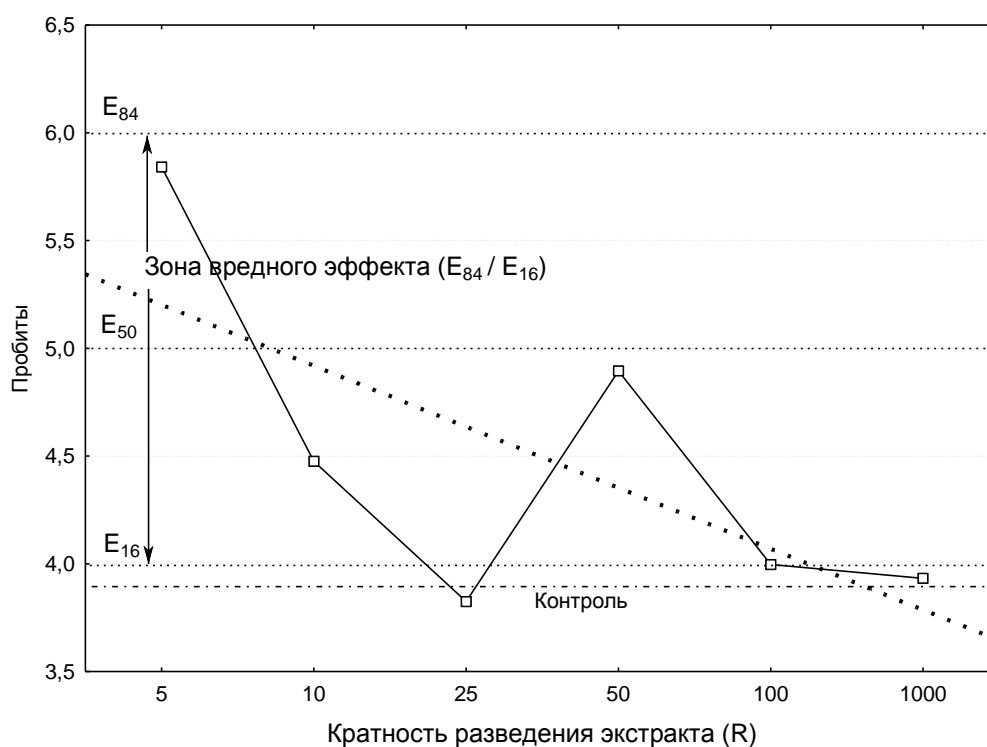


Рисунок 2. Определение вероятностных порогов вредного эффекта по угнетению роста корней тест-культуры с помощью метода пробит-анализа. На оси ординат обозначена вероятность вредного эффекта по угнетению роста корней тест-культуры, пробиты, на оси абсцисс кратность разведения экстракта.

Дополнительно к этому, для установления верхних параметров токсикометрии результаты эксперимента обработаны графическим методом пробит-анализа [8]. В координатах «разведение – пробит» откладывали экспериментальные точки, через которые

проводили прямую линию. Величины DL_{16} , DL_{50} и DL_{84} , значения пробитов для которых равны соответственно 4, 5 и 6, определяли графически (рис. 3). Для более точного определения величин DL_{16} , DL_{50} и DL_{84} использовали расчетный способ пробит-анализа, основанный на применении метода наименьших квадратов. Использовали таблицы Миллера и Тейнтера: рабочие пробиты для эффектов, равных 0 и 100% [1]. В результате такой обработки результатов экспериментов вычисляли параметры «а» и «b» уравнения:

$Pri = a + b \lg DLi$, где:

Pri – ответ (эффект), выраженный в пробитах;

$\lg DLi$ – десятичный логарифм дозы, вызвавшей данный (i-тый) ответ.

Полученные величины DLi (DL_{16} , DL_{50} и DL_{84}) характеризуют степень выраженности токсического эффекта (ответ), коэффициент «b» – тангенс угла наклона прямой «доза-ответ». На основании указанного уравнения рассчитаны следующие значения параметров токсичности для корней тест-культуры при различной кратности разведения: $DL_{50} = 23,8 \pm 2,2$; $DL_{16} = 62,9$, $DL_{84} = 9,0$.

Таким образом, величина среднеэффективного разведения (ER_{50}), при котором фитозащитный эффект по показателю гибели тест-культуры, составила $23,8 \pm 2,2$, что соответствует 2 классу опасности (высокоопасные отходы). Разведение водного экстракта отхода, превышающие величину 62,9 (порог фитотоксичности), будут безопасны для роста и развития высших растений. Возможен надежный прогноз, что при этом условии негативное воздействие отхода на среду обитания человека будет маловероятно.

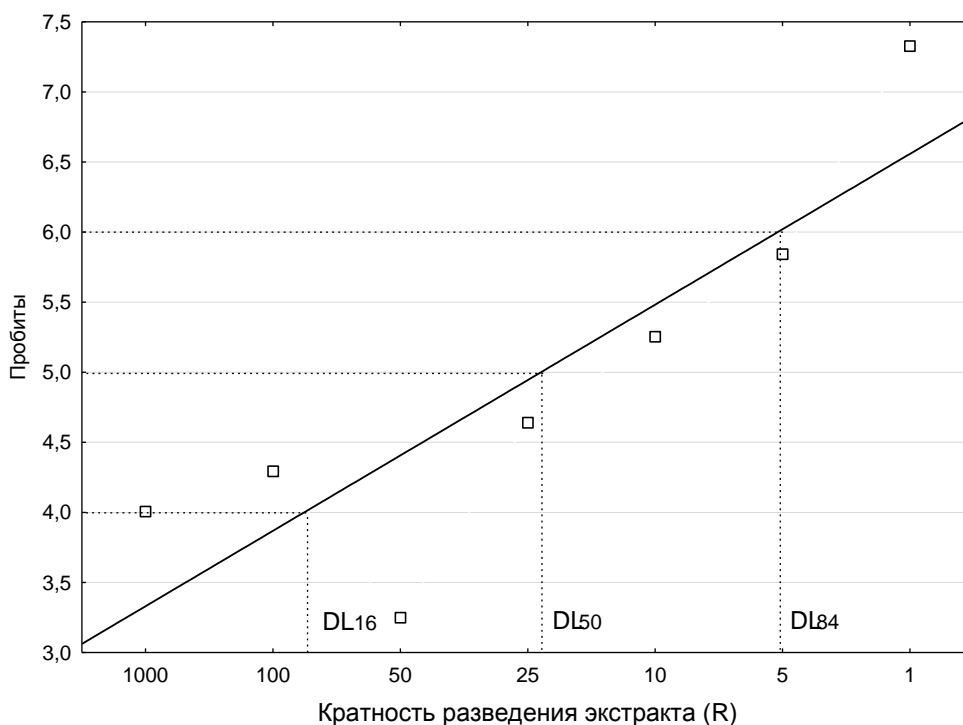


Рисунок 3. Зависимость «доза - ответ» (7 экспериментальных точек и аппроксимирующая прямая) при изучении токсического действия отходов на корни тест-культуры. На оси ординат цифрами обозначены пробиты, на оси абсцисс – кратность разведения экстракта.

Анализ типового примера МР позволяет сделать предложение по совершенствованию МР 2.1.7.2297-07.

1. Исходный водный экстракт приравнивается к единице как мере для последующего разведения. Такой прием искажает определение опасности отходов и соотнесение экспериментальных данных с линейкой классов опасности. В практике переработки и обезвреживания отходов широко используется окисление органических и неорганических веществ. В санитарно-токсикологических справочниках для большинства соединений (веществ) имеется параметр ХПК или окисляемость. Если отходы рассматривать как смесь веществ с различным значением ХПК, то их смесь не эквивалентна единице. Предлагается в качестве начальной оценки интегральной опасности использовать показатель ХПК – химическая потребность в кислороде, определенная бихроматным методом, т.е. количество кислорода, эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления восстановителей, содержащихся в экстракте, мг O_2 /мг отхода. Данный параметр используется для определения степени загрязнения воды [2, с. 498 – 499, табл. 5.3]. Предложено считать при окисляемости (ХПК), равной 5 – 15 мг O_2 /л, степень загрязнения воды – «грязная», а при 1 – «очень чистая». Предлагаем в типовую форму паспорта отходов I – IV классов опасности (утвержден постановлением Правительства России от 16.08.2013 г., № 712) включить два параметра: ХПК, установленного по экстракту сходного отхода и значение ХПК, который отражает кратность разведения и класс опасности.

2. Использование регрессионной модели возможно для непрерывных причинно-следственных закономерностей. Для установления класса опасности отходов таких регрессионных моделей должно быть четыре. При построении дозовой зависимости появляется возможность изучать три регрессионные модели (по ответу): первая от 0 до 16 %, вторая – от 16 до 84 и третья – от 84 до 100% [3, 4]. Таким образом, классическая дозовая зависимость «предлагает» следующую шкалу опасности отходов. Опасности будет соответствовать оценка пробит-ответа по значению более 16% , а безопасности – соответственно менее 16% (область, где располагаются значения ПДК) [5, 6]. Поэтому, помимо разведения, проводимого для установления класса опасности, необходимо выполнять инженерно-химические мероприятия по снижению опасности отходов для захоронения на полигонах.

3. Тест-культуры отражают биологический ответ на действие сточных вод в почве, которая является газо-водной средой. Поэтому изучаемые закономерности носят выраженный временной и защитно-приспособительный характер, для которых применим многомерный анализ. В рассматриваемом тестовом примере выражена временная зависимость, которая состоит из первичной интенсификации роста, вторичного угнетения, которые заканчиваются гибелью семян. Таким образом, в эксперименте можно уставить начало и прекращение интенсификации тест-культур, их угнетение до полной гибели. Соотношение скоростей, как тангенс угла наклона дозовой зависимости «кратность разведения по ХПК – ответ по отношению, например, доли ингибированных к погибшим» может отражать класс токсичности отходов (смеси веществ с различным значением ХПК).

Список литературы:

1. Беленький М.Л. Элементы количественной оценки фармакологического эффекта / М. Л. Беленький. – Л.: Медгиз, 1963. – 152 с.
2. Беспамятнов Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник Г. П. Беспамятнов, Ю. А. Кротов. – Л.: Химия, 1985. – 528 с.
3. Креймер М. А. Социально-гигиенический мониторинг и направления его совершенствования / М. А. Креймер // Гигиена и санитария. – 2006. - № 5. – С 56 – 58.
4. Креймер М.А. Анализ показателей СГМ по схеме нормирования ПДК. / М. А. Креймер // Социально-гигиенический мониторинг: методология, региональные особенности, управленческие решения : материалы пленума Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и МЗ РФ 17 – 19 декабря 2003 г. - М., 2003. - С. 186 – 189.
5. Креймер М.А. Некоторые результаты социально-гигиенического мониторинга и направления по его совершенствованию / М. А. Креймер // Гигиена и санитария. – 2007. – № 1. С. 80 – 82.
6. Креймер М.А. Представление и анализ показателей состояния здоровья в качестве оценки среды обитания человека / М. А. Креймер, А. С. Огудов, В. В. Турбинский// Вестник СГГА. – 2014. – № 1 (25). – С. 78-95.
7. Панин Л. Е. Биохимические механизмы стресса / Л. Е. Панин. – Новосибирск : Наука, 1983. - 195 с.
8. Платонов А. Г. Применение метода пробит-анализа в радиобиологии. Расчет полулетальной дозы ЛД50. / А. Г. Платонов, М. Я. Ахалая. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 36 с.
9. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме / Г. Селье. – М.: Медгиз, 1960. – 150 с.