

В настоящее время проводятся различные исследования по выявлению и оценке опасных уровней загрязнения нефтью [1, 2, 3]. Существует способ испытания загрязнения воды по времени роста корней растения [4]. Однако в пробе воды рек и водоемов не измеряется до биотестирования концентрация нефти и поэтому неизвестно изменение длины корня тестируемого растения. При этом отсутствуют способы экологического нормирования до испытаний проб речной или иной воды. При проведении эксперимента по методике [5] на фильтровальную бумагу круглой формы по диаметру чашки Петри с меткой на краю укладывался шаблон с отверстиями для разметки мест посадки семян, которую затем помещали в чашку Петри с ориентацией её метки в северном направлении по компасу. Аналогично поступали по всем повторам чашек Петри, после проводили укладку семян через каждые 30° азимута посадки (рис.1). Рис. 1 - Схема размещения 12 семян в чашке Петри

На рисунке 1 номерами обозначены места посадки семян редиса красного круглого с белым кончиком, а также приведен угол определения азимута посадки. Далее у всех проростков проводили измерение длины корня, причем эту длину корня измеряли у всех семян, включая и непроросшие, у которых значение длины корня принимали равным нулю. Выявление методом идентификации биотехнической закономерности изменения длины корня каждого проростка растения в зависимости от азимута посадки проростков за 72 часа проращивания семян выполняют по обобщенной формуле, (1), где - длина корня каждого проростка растения в чашке Петри, мм; - первая составляющая, учитывающая влияние загрязнения в чистом виде, мм; - теоретическое независимое значение длины корня от азимута посадки семени, мм; - вторая составляющая колебательного возмущения растения по длине корня каждого проростка в чашке Петри за 72 часа, характеризующая влияние стороны света, мм; - половина амплитуды колебательного возмущения корней проростков, мм; - половина периода колебательного изменения по азимуту посадки семени, град; - азимут посадки семени, град; - параметры готовой статистической модели.

Например, при поливе семян речной водой в одной чашке Петри была получена двухчленная биотехническая закономерность, (2), Первая составляющая показывает стабильное распределение длины корней растений, то есть характеризуется устойчивым законом. Наиболее значимой является вторая составляющая, которая характеризует колебательное возмущение популяции семян редиса красного от азимута посадки семян. Коэффициент корреляции 0,9814 высок, что убеждает в высокой адекватности полученной статистической модели (2) (рис. 2). Максимум длины корня проростков редиса красного круглого наблюдается при азимутах 0 и 30°, минимум приходится на 180°. Рис. 2 - График распределения длины корня 12 семян редиса красного в зависимости от азимута посадки семени Амплитуда колебания для наилучшей особи растения всегда равна нулю, то есть самая сильная особь не волнуется. Большой размах

амплитуды показывает рост изменчивости длины корня по отдельным особям, так как речная вода расширяет адаптационные возможности изменчивости в росте корней редиса красного. Амплитуда принимает высокие значения, когда семена тест-растения расположены в восточной части чашки Петри, здесь семена испытывают сильное волнение. При 180° азимута посадки амплитуда уменьшается, достигает минимума при 330°, при этом семена испытывают меньшее волнение. Проведено сравнение с показателями статистики по вариации (табл. 1). Таблица 1 - Описательная статистика взошедших семян редиса красного круглого

Статистические показатели	02.12.09	05.04.10	10.08.10	13.10.10
Размах, мм	2,00	2,00	5,00	1,00
Минимум, мм	5,00	5,00	2,00	6,00
Максимум, мм	7,00	7,00	7,00	7,00
Среднее арифметическое, мм	6,17	6,42	5,00	6,58
Средняя ошибка выборки, мм	0,21	0,23	0,39	0,15
Среднее квадратичное отклонение, мм	0,72	0,79	1,35	0,51
Дисперсия выборки	0,52	0,63	1,82	0,27
Коэффициент вариации, %	11,64	12,36	29,97	7,82
Эксцесс	-0,69	-0,46	0,92	-2,26
Асимметричность	-0,26	-0,99	-0,80	-0,39
Предельная ошибка при P = 0,95	0,46	0,50	0,86	0,33

Коэффициент вариации составил меньше 33 %, то есть все совокупности однородны, колебания длины корня редиса красного круглого незначительны. По полученным результатам, то есть данные более равномерно распределены по всей области значений от до . При этом распределение плосковершинное. Для августа , данные сконцентрированы около среднеарифметического значения. Так как, то наблюдается асимметрия левосторонняя. Основные эксперименты по проращиванию семян редиса красного круглого с белым кончиком были проведены в количестве 12 штук при четырех повторах. Нами проведено (табл. 2) тестирование содержания в воде нефти разной объемной концентрации. Пробу воды отбирали из реки М. Кокшага перед городским водозабором г. Йошкар-Ола. Таблица 2 - Длина корней редиса красного круглого после полива водным раствором нефти разной объемной концентрации

Азимут посадки, град	0	5	8	13	0	60	0	26	5	11	9	15	14	0	90	13	19	17	25	0	12	9	12	120	26	16	15	6	7	10	9	14	150	16	10	17	19	7	23	0	5	180	27	23	8	11	15	14	10	0	210	29	13	10	20	12	12	10	0	240	23	20	12	4	18	5	23	0	270	16	10	24	4	26	21	8	6	300	32	24	9	0	14	14	10	8	330	21	26	20	21	13	8	9	4	0	14	26	8	12	10	13	9	0
----------------------	---	---	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---	----	---	----	-----	----	----	----	---	---	----	---	----	-----	----	----	----	----	---	----	---	---	-----	----	----	---	----	----	----	----	---	-----	----	----	----	----	----	----	----	---	-----	----	----	----	---	----	---	----	---	-----	----	----	----	---	----	----	---	---	-----	----	----	---	---	----	----	----	---	-----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	----	----	---	----	----	----	---	---

Из таблицы 2 видно, что чем больше концентрация нефти, тем меньше длина корня. При снижении объемной концентрации нефти в речной воде длина корня возрастает. Для наглядности на рисунке 3 показан пространственный график зависимости длины корня. Длина корня принимает наибольшие значения при объемной концентрации нефти от 0 до 8 %. При этом максимум приходится на азимут посадки семени в 0 и 330°. При объемной концентрации 2 % нефть оказывает малое влияние на рост корня редиса красного круглого. Как пример, при концентрации нефти 2 % была получена двухчленная биотехническая закономерность, (3), График распределения

максимальной длины корня в каждой чашке Петри при поливе водным раствором разной концентрации нефти также показывает снижение длины корня при увеличении концентрации и имеет закономерность в виде обобщенного закона гибели. (4) где - максимальная длина корня редиса красного круглого, мм; - объемная концентрация нефти, %. Рис. 3 - Двухфакторный график динамики длины корня редиса красного круглого

Максимальное количество непроросших семян приходится на большую концентрацию нефти. При объемной концентрации нефти 20 % количество непроросших семян редиса красного круглого составило 50 %. Поэтому дальнейшее увеличение концентрации нефти не проводилось и количество испытуемых чашек Петри с учетом контрольной при проведении биотестирования редисом красным круглым приняты равными восьми.

Идентификацией биотехнического закона была получена закономерность, представленная в виде следующей модели всхожести, (5) где - количество проросших семян редиса красного круглого, шт.; - объемная концентрация нефти, %. Полученная модель (5) показывает волновое возмущение семян редиса красного круглого к содержанию нефти. Из графика распределения проросших семян редиса красного круглого от концентрации нефти (рис. 4) видно, что небольшие концентрации нефти не значительно влияют на всхожесть семян, но увеличение концентрации приводит их к гибели. Рис. 4 - График распределения количества проросших семян от концентрации нефти

Проведенные испытания показали, что предлагаемый новый по сравнению с [4] способ с высокой точностью учитывает влияние азимута на распределение длины корня проростка при определении загрязнения речной воды нефтью. Способ прост и значительно повышает точность тестирования загрязненной нефтью речной воды.