

4. **Ishenko A.V.** Povyshenie effektivnosti i nadezhnosti protivofiltratsionnykh oblitsovok orositelnykh kanalov: monografiya. – R/naDonu: 2006. – 211 s.

5. **Kosichenko Yu.M., Baev O.A.** Metody rascheta vodopronitsaemosti polimernykh protivofiltratsionnykh ekranov gidrotehnicheskikh sooruzhenij // Izvestiya VNIIG im. B.E. Vedeneeva. – 2017. – T. 286. – S. 10-21.

6. **Kosichenko Yu.M., Baev O.A.** Teoreticheskaya otsenka vodopronitsaemosti protivofiltratsionnoj oblitsovki narushennoj sploshnosti // Izvestiyavuzov. Sev. – Kav. region. Tehnicheskienauki. – 2014. – № 3 (178). – S. 68-74.

7. **Lomize G.M.** Filtratsiya v treshinovytykh porodah. – M.: Gosenergoizdat, 1951. – 127 s.

8. Programma rascheta vodopronitsaemosti i nadezhnosti oblitsovki iz geomembrany s zashitnympokrytiemizgrunta: svidetelstvo o gos. registratsiiiprogr. dlya EVM 2019660670 / V.N. Shedrin, Yu.M. Kosichenko, O.A. Baev, A.Yu. Garbuz; zayavitel i patentoobladatel Ros. nauch.-issled.

in-t problem melioratsii. – № 2019660670; zayavl. 05.08.19; opubl. 09.08.2019.

9. Programma rascheta vodopronitsaemosti i nadezhnosti oblitsovki iz geomembrany s zashchitnym pokrytiem iz betona: svidetelstvo o gos. Registratsiiiprogr. – dlya EVM 2019619394 / V.N. Shedrin, Yu.M. Kosichenko, O.A. Baev, A Yu. Garbuz; zayavitel i patentoobladatel Ros. nauch.-issled. in-t problem melioratsii. – № 2019619394; zayavl. 02.07.19; opubl. 16.07.2019.

10. **Kosichenko Yu.M., Baev O.A.** Water permeability of the polymer seen with a system of slits of hydraulic structures // Magazine of civil engineering. – 2018. – № 7. – Pp. 64-73.

The material was received at the editorial office
25.06.2020

Information about the author

Kosichenko Yuriy Mikhailovich, doctor of technical sciences, professor, chief researcher, «RosNIIPM»; 346421, Novocherkassk, Baklanovsky Ave., 190, e-mail: Kosichenko-11@mail.ru

УДК 502/504:631.45.2:631.6

DOI 10.26897/1997-6011/2020-4-13-22

В.В. ШАБАНОВ, А.Д. СОЛОШЕНКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПЛОДОРОДИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТОЧНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

*В статье предлагается метод биоиндикации состояния почвенной биоты как показателя почвенного плодородия. В качестве индикатора деятельности биоты приняты дождевые черви. «Здоровье» почвы характеризуется посредством учета численности и биомассы дождевых червей. Для управления деятельностью почвенной биоты устанавливаются количественные закономерности требований дождевых червей (*Eisenia fetida*) к водному, тепловому и кислотному режимам. Найдена эмпирическая зависимость относительной урожайности горчицы белой от количества (массы) индикаторных организмов по данным полевого опыта. Получена количественная зависимость между урожайностью сельскохозяйственной культуры и интегральной биомассой дождевых червей в каждой точке поля. Показаны биоиндикационные возможности дождевых червей как «измерителей» почвенного плодородия. Большое варьирование данных свидетельствует о необходимости назначения дифференцированного управления для разнородных групп рассматриваемых точек при планировании мелиоративных мероприятий. Получены непрерывные функции требований дождевых червей к влажности, температуре и кислотности среды обитания.*

Точная мелиорация, почвенная биота, индикаторы плодородия, дождевые черви, зависимость урожая от состояния биоты, требования растений, продуктивность земель Московской области, горчица белая.

Введение. За последние годы увеличились площади деградированных земель, потерявших свое плодородие ввиду нарушения условий жизнедеятельности почвенного симбиотического сообщества [1]. Представляется, что такое положение возникает по причине антропоцентричного определения понятия плодородия (плодородие – способность почвы удовлетворять потребность сельскохозяйственных культурных растений в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде и обеспечивать урожай сельскохозяйственных культурных растений [2]), в котором учитываются только «интересы» сельскохозяйственного растения, но не учитываются интересы почвенной биоты. Это ведет к тому, что получение высокого урожая сельскохозяйственной культуры «любой ценой» законодательно поощряется. В представленной работе под плодородием подразумевается способность почвы удовлетворять потребность растений и *почвенной биоты* в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде для обеспечения урожая сельскохозяйственных культурных растений при сохранении и увеличении плодородия.

Такое определение плодородия дает возможность включить в объект мелиоративного регулирования почвенное биологическое сообщество и не только получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур, но и исключить или по крайней мере существенно уменьшить дозы ядохимикатов, повысив качество сельскохозяйственной продукции.

Материалы и методы. Оценка плодородия почвы через агрохимические показатели – процедура достаточно дорогая и продолжительная, тем более, когда нужно сделать детальные съемки неоднородности почвенного плодородия. Природная (микромасштабная) неоднородность почвенного покрова (плодородия) связана с необходимостью создания устойчивой экологической системы. Современные методы ведения сельского хозяйства стараются сгладить эту неоднородность, что приводит к уменьшению экологического разнообразия почвенного микромира и созданию условий для развития эрозионных процессов. Точное мелиоративное регулирование [1] позволяет создавать оптимальные условия в каждой «точке» (элементарная площадка регулирования от 1 до 4 кв. м) поля. Но для этого нужен простой инструмент количественной оценки пространственного

распределения «очагов» почвенной биологической активности. Таким инструментом-индикатором может быть распределение дождевых червей в пространстве поля в каждый момент (3-5-10 дней) вегетационного периода.

Можно полагать, что в каждом виде почв, обладающем конкретными физико-химическими свойствами, развиваются определенные группы микроорганизмов и устанавливается биологическое равновесие, характерное для данных географических условий, сезона и сельскохозяйственной культуры. Изменение водного, воздушного и питательного режимов почвы, которое особенно резко происходит в почвах агроэкосистем, существенным образом сказывается на микрофлоре и фауне: меняется количество отдельных групп микроорганизмов, а также динамика и интенсивность микробиологических процессов [3].

Антропогенная деятельность (различные агротехнические системы обработки почв, применение средств «защиты» растений и т.д.) является мощным деструктивным фактором, который приводит к нарушениям формирования почвенных микробиоценозов и деградации гумусного слоя [4].

В каждой точке поля существует свой почвенный биотоп, требования которого нужно учитывать наравне с требованиями сельскохозяйственных растений [1]. Помимо этого, большинство сельскохозяйственных растений привезено из других континентов (интродуцированы). Их требования к условиям среды сформировались в местах происхождения и отличаются от условий среды выращивания. Поэтому для достижения высоких урожаев требуются приложить значительные усилия к изменению природных условий. Последнее может привести к ухудшению условий существования почвенной биоты, а значит, и самих почв. Дисбаланс требований почвенной биоты и сельскохозяйственных растений в настоящее время решается в пользу получения высоких урожаев, то есть наиболее полно удовлетворяются требования растений, в связи с чем изменяются видовой состав почвенной биоты [5], свойства почв и почвообразовательные процессы. При этом вместо исторически определенной почвы формируется антропогенная. Для сохранения естественных процессов почвообразования и повышения почвенного плодородия необходимо учитывать требования не только растений, но и почвенной биоты, добиваясь определенного эколого-экономического компромисса.

Учет требований почвенной биоты может быть произведен с помощью индикаторных организмов. Известно, что биоиндикационные исследования можно проводить на разных уровнях организации: молекулярном, клеточном, организменном и популяционно-ценотическом [6]. «Для проведения биоиндикационных исследований можно использовать любые организмы: от вирусов до млекопитающих. Однако биоиндикаторы должны быть доступными в течение всего периода наблюдений, находиться на небольшой территории и не обладать способностью к миграции, питаться в исследуемой экосистеме, иметь высокий метаболизм и быстрое чередование генераций, а также легко выводиться в лабораторных условиях» [6]. Почвенная мезофауна наряду с нано- и микрофауной может служить инструментом зоологической диагностики почв. По данным Н.Г. Нагумановой, в серых лесных почвах преобладают геофилиды, литобииды, жужелицы; в черноземах – дождевые черви, щелкуны, чернотелки, сокращается численность жужелиц и стафилинид, а в темно-каштановых почвах многочисленны щелкуны, чернотелки, долгоносики, резко сокращается численность дождевых червей, многоножек [7].

Таким образом, для биоиндикации состояния земель сельскохозяйственного назначения наиболее простым и распространенным индикаторным объектом исследования может являться дождевой червь.

М.С. Гиляров в своей книге «Зоологический метод диагностики почв» [8] приводит ряд исследований отечественных и зарубежных авторов о влиянии дождевых червей на плодородие и урожайность. Так, по данным С.М. Стокдилла (Новая Зеландия, 1961 г.), урожай сена на участке, на котором были выпущены дождевые черви, превышал урожай в местах, где черви не выпускались, почти в два раза. На факт того, что дождевой червь является индикатором почвенного плодородия,

по Н.Г. Нагумановой [7], также указывают Б.Д. Кирюшин [9] и др. В данной работе предпринята попытка привести количественные зависимости урожайности от биомассы находящихся в почве дождевых червей на примере горчицы белой.

Прежде всего необходимо уточнить требования дождевых червей к факторам внешней среды. Понимание закономерностей изменения продуктивности червей от конкретных факторов позволит соотнести эти требования с требованиями выращиваемых культур, что впоследствии может быть использовано для установления эколого-экономического баланса при планировании сельскохозяйственных работ.

Результаты и обсуждение. В рамках данной работы уточнены требования дождевых червей к следующим лимитирующим факторам внешней среды: влажность почвы, температура, рН. Требования, в частности, гибрида «Старатель», описаны у ряда авторов [10-13 и др.]. Обобщенные данные для компостных червей (*Eisenia fetida*), обитающих в зоне умеренно-континентального климата (*Нечерноземной зоны РФ*), представлены в таблице 1.

По данным, представленным в таблице 1, построены кривые требований дождевых червей к перечисленным факторам жизнедеятельности (рис. 1) по методике одного из авторов [15, 16]. Функции таких кривых имеют вид:

$$S = \left(\frac{F_i}{F_{\text{опт}}} \right)^{\gamma F_{\text{опт}}} \cdot \left(\frac{1 - F_i}{1 - F_{\text{опт}}} \right)^{\gamma(1 - F_{\text{опт}})}$$

где S – относительная продуктивность организма в долях от единицы; F_i – значение рассматриваемого фактора в долях от единицы (абсолютные значения критического диапазона (табл. 1) приводятся к значениям от 0 до 1); $F_{\text{опт}}$ – оптимальное значение фактора в долях от единицы; γ – коэффициент, характеризующий устойчивость функций организма при изменении условий среды и влияющий на вид графика функции $S = f(F)$.

Таблица 1

Границы диапазонов факторов жизнедеятельности дождевых червей

Фактор	Оптимальные значения фактора	Критические значения фактора
Влажность, % [10]	70-85%	min = 22%, max = 100%*
Температура, °С	15...22°С [14]	min = 8°С, max = 29°С [14]
рН	6,8...7,2 рН [11]	min = 5рН, max = 9рН [10]

* Для калифорнийского червя критический диапазон составляет 60...90%. Для компостных червей (по А.М. Игонину) минимальная влажность составляет 22% (они погибают в течение недели), а максимальная влажность отсутствует; авторами было принято значение в 100%. К сожалению, упомянутые авторы не приводят более детальных данных, но для демонстрации предлагаемого подхода можно ограничиться этой информацией.

Пример расчета однофакторной функции $S = f(F)$ для водного, теплового и «пищцевого» режимов представлен на рисунке 1.

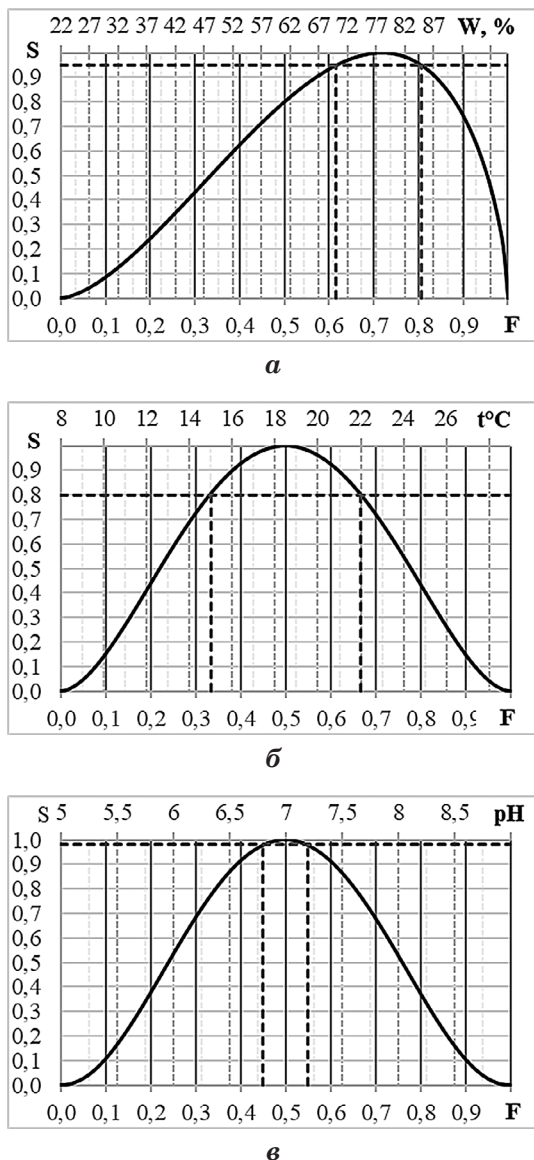


Рис. 1. Требования червей *Eisenia fetida* к водному фактору (а), тепловому фактору (б) и к кислотности среды (в)

Полученные параметры функций требований дождевых червей к основным факторам внешней среды представлены в таблице 2.

Таким образом, зная текущее значение фактора, можно оценить относительную продуктивность дождевых червей. Следует помнить, что фактор, который более всего отклоняется от своего оптимального значения, ограничивает развитие организма (закон лимитирующего фактора – закон минимума Либиха). Например, если температура и pH находятся в оптимуме, а влажность – нет, именно влажность будет определять максимально возможную продуктивность червя. Иными словами, рассчитав относительную продуктивность по нескольким факторам, во внимание необходимо принимать наименьшую из рассчитанных.

Роль червей как индикаторных организмов можно считать доказанной лишь в том случае, если количество червей и урожай сельскохозяйственного растения будут функционально связаны.

Взаимосвязь относительной продуктивности горчицы белой и относительной биомассы индикаторных организмов. К обсуждению предлагается методика оценки относительного плодородия, разработанная для достижения целей точного мелиоративного регулирования. Суть методики заключается в определении количества и суммарной массы индикаторных организмов, а также относительной урожайности возделываемой культуры по опытным точкам с последующей оценкой их взаимосвязи. В процессе апробации данной методики в 2019 г. был проведен опыт по определению зависимости относительной продуктивности горчицы белой от суммарно накопленной биомассы дождевых червей по 10 опытным точкам.

Таблица 2

Параметры функции относительной продуктивности дождевых червей от некоторых факторов внешней среды

Фактор	$F_{\text{опт}}$		γ
	Относ.	Абс.	
Влажность, %	0,718	78,00	2,275
Температура, °C	0,500	18,50	3,710
pH	0,500	7,00	4,393

Экспериментальные исследования проводились на территории опытно-мелиоративного пункта (ОМП) «Дубна» кафедры

мелиорации и рекультивации земель Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ

ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, расположенного в юго-западной части д. Селково Сергиево-Посадского района Московской области. Участок экспериментальных исследований находится в зоне умеренно-континентального климата. Район исследований расположен на Клинско-Дмитровской гряде. Грунтовые воды по химическому составу пресные гидрокарбонатно-кальциевые и натриевые, $pH = 6,6...7,8$; карбонатная жесткость изменяется в диапазоне от 2,1 до 6,7 мг-экв; примесь NH_4 в основном не превышает 1,0 мг/л, в больших количествах содержатся ионы двухвалентного железа [17].

Экспериментальный участок расположен на возвышенной фации с абсолютной отметкой 160 м. На опытном участке было описано 8 шурфов, вскрытых до глубины 120-210 см. Почвенный профиль является типичным по отношению к рассматриваемой местности, ландшафту, типу и подтипу почв, подстилаемых мореной [17].

Плотность глубинных слоев почвы изменяется в пределах от 2,31 до 2,70 г/м³. Плотность верхнего слоя почвы изменяется как по площади, так и по глубине, и колеблется в пределах от 1,43 до 1,92 г/см³. Верхний пахотный слой почвы более рыхлый в сравнении с нижними горизонтами.

Пористость колеблется в широких диапазонах и составляет от 0,40 до 0,50 в долях от объема. Полная влагоемкость (ПВ) изменяется от 0,25 до 0,48 в долях от объема. Предельная полевая влагоемкость (ППВ) изменяется от 0,20 до 0,38 в долях от объема. Значения максимальной гигроскопичности мало меняются по профилю и варьируют от 0,02 до 0,07 в долях от объема [17].

Результаты лабораторных исследований показывают, что почва обладает слабой водопроницаемостью; коэффициент фильтрации с поверхности почвы в среднем составляет 0,25 м/сут., а в иллювиальном слое – 0,20 м/сут. Согласно классификации Н.А. Качинского почвы опытного участка по гранулометрическому составу относятся к легким суглинкам, мелкопесчаным, крупнопылеватым.

При закладке опыта были выполнены следующие агротехнические мероприятия: очистка участка от растительности, вспашка «Оборот пласта» и сплошное рыхление мотокультиватором на глубину 20 см. После подготовки почвы проведен посев горчицы белой («Рапсодия»). Проведена наземная топографическая съемка участка. Опытный участок имел размеры 16 x 14 м (224 м²), а каждая сторона была разделена на 10 равных отрезков по 1,6 м и 1,4 м соответственно (рис. 2).

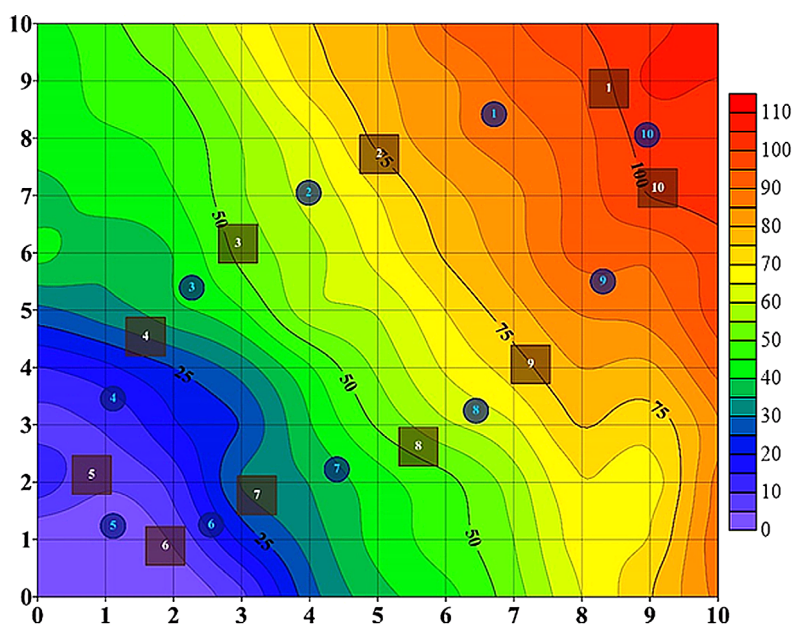


Рис. 2. Топографическая схема участка

в сантиметрах превышения над самой низкой точкой участка:

высота нулевой точки – 153 м над уровнем моря; размеры участка 16 × 14 м (224 м²);

шаг сетки по оси абсцисс – 1,6 м, по ординат – 1,4 м;

■ – Вермиаккумуляторы; ● – скважины

(Вермиаккумулятор – устройство для накопления (привлечения) дождевых червей из прилегающей почвенной массы, предназначенное для их экологичного (щадящего) учета.

Предложение А.Д. Солошенкова)

Вдоль изолиний карты были выбраны места расположения вермиаккумуляторов для мониторинга численной и массовой динамики дождевых червей. Произведена копка шурфов размерами $0,027 \text{ м}^3$ ($30 \times 30 \times 30 \text{ см}$) с последующим их наполнением питательным субстратом-приманкой. Наблюдения за влажностью почвы, окружающей опытные точки, осуществлялись с помощью импульсного влагомера TRIME-FM послойно, в слоях $0...20$, $10...30$, $20...40$ и $30...50 \text{ см}$. Еженедельно проводились забор, подсчет и взвешивание дождевых червей в каждой из опытных точек. При этом черви не возвращались в вермиаккумуляторы. В следующем замере (примерно через неделю) в вермиаккумуляторе оказывались черви, вновь приползшие из окружающего пространства. Такой подход позволил наблюдать динамику изменения численности червей во времени.

Дважды за период вегетации горчицы белой производился укос надземной массы к фазе цветения (укозная спелость) и после созревания. Укос осуществлялся квадратами площадью $0,5 \times 0,5 \text{ м} = 0,25 \text{ м}^2$ в непосредственной близости к опытным точкам.

Оценку растительной биомассы осуществляли взвешиванием зеленой и высушенной массы.

Периоды (фазы) вегетации: дата посева – 1 июня 2019 г., всходы – 8 июня 2019 г., цветение (укос 1) – 13 июля 2019 г., спелость (укос 2) – 31 августа 2019 г.

Данные о накопленных на момент проведения укосов биомассах дождевых червей, а также данные зеленых и сухих масс горчицы белой, представлены в таблице 3.

Накопленная биомасса дождевых червей рассчитывалась суммированием значений биомасс, отобранных по точкам в дни наблюдений: от дня первого отбора 17 июня до момента проведения укоса включительно. За вегетацию «произведено» червей более $1,6 \text{ кг/м}^2$. При пересчете на 1 га это составляет 16 т живой биомассы – высококачественного белка. Учитывая, что рыночная стоимость червей составляет 1-3 тыс. руб. за 1 кг, можно рассчитать стоимость «выращенной» в почве биомассы: $2 \text{ тыс. руб./кг} \times 16000 \text{ кг/га} = 32 \text{ млн руб/га}$. Это примерная стоимость «воспроизведенного» плодородия, которая сейчас не учитывается.

Таблица 3
Данные укосов, т/га, и накопленная биомасса дождевых червей, гр/м², по опытным точкам в 2019 г.

№ т.	Укос 1 13 июля				Укос 2 31 августа			
	Σ Биомасса червей		Сухая масса горчицы		Σ Биомасса червей		Сухая масса	
	абс. гр/м ²	относ.	абс. т/га	относ.	абс. гр/м ²	относ.	абс. т/га	относ.
1	146,22	0,40	4,28	0,80	1129,44	0,48	6,08	0,84
2	67,78	0,18	3,36	0,63	1150,89	0,47	6,04	0,84
3	222,44	0,61	4,8	0,90	1557,67	0,68	6,48	0,90
4	311,44	0,85	5,08	0,95	1395,44	0,61	6,32	0,88
5	214,67	0,58	4,76	0,89	1704,67	0,74	6,72	0,93
6	112,22	0,31	4,04	0,76	1346,78	0,58	7	0,97
7	147,22	0,40	4,2	0,79	736,00	0,26	5,48	0,76
8	131,67	0,36	4,4	0,83	1533,56	0,69	6,76	0,94
9	367,22	1,00	5,32	1,00	2261,67	1,00	7,2	1,00
10	194,67	0,53	4,68	0,88	1643,33	0,73	6,48	0,90
	B _{ср} = 192				B _{ср} = 1446			

По полученным данным построена зависимость относительной продуктивности горчицы белой от относительной суммарной накопленной биомассы дождевых червей по опытным точкам (рис. 3).

Зависимость аппроксимирована двумя функциями: первая – квадратичная парабола с достаточно высоким коэффициентом

корреляции $R_1 = 0,95$; вторая – логарифмическая с более высоким коэффициентом корреляции $R_2 = 0,96$.

Квадратичная функция может характеризовать продуктивность растения на почвах с так называемым «остаточным плодородием». В этих почвах биота работает, но некоторые звенья ее (черви) отсутствуют (например,

почвы в горшках комнатных растений). При полном отсутствии дождевых червей в почве еще остаются некоторое количество необходимых для роста и развития растения

веществ и часть биотического сообщества, однако в случае отсутствия пополнения запасов корнеобитаемого слоя органикой плодородие будет истощаться до полной его утраты.

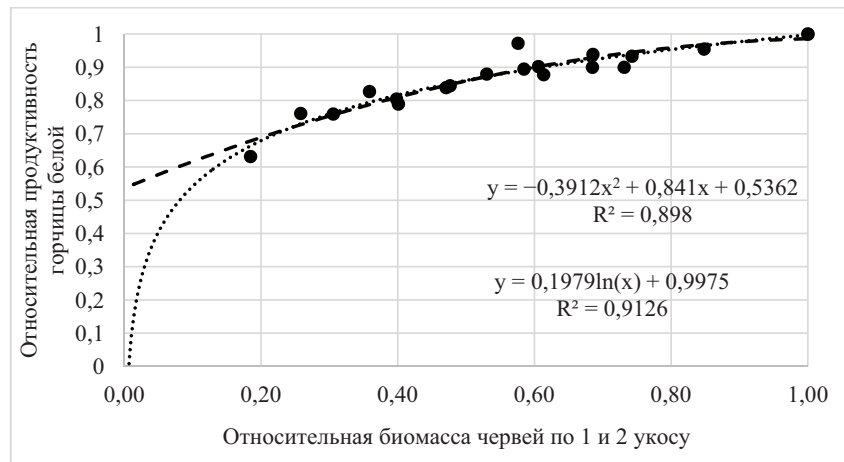


Рис. 3. Обобщенная зависимость относительных биомасс горчицы белой от относительной суммарной накопленной биомассы дождевых червей

Логарифмическая функция показывает ситуацию полной стерильности почвы в точке пересечения координатных осей, то есть полное отсутствие червей и других мезопедобионтов. Это ведет к гибели микроорганизмов, невозможности существования растений и полному отсутствию органического вещества (например, пески пляжей). В этом случае плодородие отсутствует, что обуславливает нулевую или близкую к ней урожайность.

Представляется, что полученные функции с достаточной точностью описывают законы изменения плодородия в зависимости от деятельности почвенной биоты. Можно предположить, что в других условиях (почвенных, климатических и т.д.) и для других растений распределение точек будет несколько иным, однако общий вид кривых останется схожим.

В дальнейшей работе необходимы уточнение представленной зависимости и определение влияния нулевых или близких к ним значений массы червей в почве на продуктивность (урожайность) растительности.

Выводы

Получена количественная зависимость между урожайностью сельскохозяйственной культуры и интегральной биомассой дождевых червей в каждой точке поля.

Показаны биоиндикационные возможности дождевых червей как «измерителей» почвенного плодородия.

Получены непрерывные функции требований дождевых червей к влажности, температуре и кислотности среды обитания.

Проведенный эксперимент показал, что даже на небольших участках существует масса неоднородностей – как рельефных, так и режимных, влияющих на рост и развитие не только растительности, но и почвенного биотического сообщества.

Большое варьирование данных свидетельствует о необходимости назначения дифференцированного управления для разнородных групп рассматриваемых точек при планировании мелиоративных мероприятий.

Данные свидетельствуют о необходимости точного мелиоративного регулирования – точного регулирования в каждой точке. Только при таком точном подходе возможно достижение компромисса между воспроизводством плодородия и урожайностью.

Библиографический список

1. Шабанов В.В., Голованов А.И. Некоторые аспекты точной мелиорации // Природообустройство. – 2019. – № 1. – С. 92-96.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-aspekty-tochnoy-melioratsii> (дата обращения: 06.07.2020)

2. О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения: Федеральный закон № 101-ФЗ, с изменениями и дополнениями: принят Государственной думой 16 июля 1998 г.

3. **Кольцова О.М.** Биологическая диагностика состояния чернозема выщелоченного типичной лесостепи // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1. – С. 7-11.

URL: <http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2014/12/2012-1-32.pdf#page=7> (дата обращения: 06.07.2020).

4. **Воронин Л.В., Колесникова И.Я.** Инициированные комплексы почвенных грибов в агроценозах // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/initiirrovannye-kompleksy-pochvennyh-gribov-v-agrotsepozah> (дата обращения: 06.07.2020).

5. **Шабанов В.В., Маркин В.Н., Солошенко А.Д.** Оценка требований почвенной биоты к гидротермическим условиям внешней среды // Доклады ТСХА. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 173-178.

6. **Нагуманова Н.Г., Кошеленко Е.Е.** Сообщества почвенных беспозвоночных как биоиндикаторные системы // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета: Электронный научный журнал. – 2007. – № 2. – С. 38-45. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17949520_81288583.pdf (дата обращения: 06.07.2020).

7. **Нагуманова Н.Г.** Мезопедобионты – индикаторы состояния почвенно-растительного покрова степной зоны южного Урала // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. – 2005. – № 2 (40). – С. 8-12. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_18939579_78007790.pdf (дата обращения: 06.07.2020).

8. **Гиляров М.С.** Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 228 с.

9. Роль дождевых червей в качестве индикатора почвенного плодородия при разной интенсивности землепользования / Б.Д. Кирюшин, Ф. Эльмер, С. Крюк и др. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1999. – Вып. 4. – С. 20-32.

10. **Игонин А.М.** Как повысить плодородие почвы в десятки раз с помощью дождевых червей. – М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 2000. – 32 с.

11. Вермикультура и производство (Многоуровневое разведение красного калифорнийского червя) / М.Ф. Городний,

А.В. Быкив, Н.А. Пасичник и др. – М.: ИЛКО, 2012. – 52 с.

12. **Шинкаревский П.В., Османова Н.Б., Баличиева Д.В.** Влияние положительных температур на развитие дождевых червей на субстрате из пищевых отходов в зимнее время // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология, химия. – 2013. – № 1 (65). – С. 286-290.

13. **Пиотровский Д.Л., Дружинина У.В., Янаева М.В.** Использование червя типа «Старатель» при промышленном вермикомпостировании // Современные проблемы и пути их решения в науке, производстве и образовании. – 2016. – № 1. – С. 131-133.

14. Размножение старателя. URL: [http://farm-worm.com/razmnozhenie-staratelya/#:~:text=Для%20успешного%20разведения%20и%20содержания,в%20теле%20самого%20животного\)%3B](http://farm-worm.com/razmnozhenie-staratelya/#:~:text=Для%20успешного%20разведения%20и%20содержания,в%20теле%20самого%20животного)%3B) (дата обращения: 10.07.2020).

15. **Шабанов В.В.** Биоклиматическое обоснование мелиораций. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 165 с. <http://elib.timacad.ru/dl/full/f33.pdf/info> (дата обращения: 29.07.2020).

16. **Шабанов В.В.** Влагообеспеченность яровой пшеницы и ее расчет. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 142 с. <http://elib.timacad.ru/dl/full/f42.pdf/info> (дата обращения: 29.07.2020).

17. **Пчёлкин В.В.** Обоснование мелиоративного режима осушаемых пойменных земель: монография. – М.: КолосС, 2003. – 253 с.

Материал поступил в редакцию 30.07.2020 г.

Сведения об авторах

Шабанов Виталий Владимирович, почетный работник высшего профессионального образования, доктор технических наук, профессор кафедры мелиорации и рекультивации земель ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44; e-mail: 515vvsh@gmail.com

Солошенко Александр Дмитриевич, аспирант ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44; e-mail: aleksandr_soloshenkov@mail.ru

V.V. SHABANOV, A.D. SOLOSHENKOV

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

QUANTITATIVE ASSESSMENT METHODS OF FERTILITY FOR THE PURPOSE OF PRECISE RECLAMATION REGULATION

*The article offers a method of bioindication of the state of soil biota as an indicator of soil fertility. Earthworms are accepted as an indicator of biota activity. The «Health» of soil is characterized by taking into account the number and biomass of earthworms. To control the activity of the soil biota, quantitative regularities of requirements of earthworms (*Eisenia fetida*) to water, heat and acid regimes are established. There was found an empirical dependence of the relative yield capacity of white mustard from the number (mass) of indicator organisms according to field experience. A quantitative relationship was obtained between the crop yield and the integral biomass of earthworms at each point of the field. The bioindication capabilities of earthworms as «meters» of soil fertility are shown. A large data variation indicates the need to assign differentiated management for heterogeneous groups of points under consideration when planning land reclamation activities. Continuous functions of earthworm requirements to the humidity, temperature and acidity of the habitat are obtained.*

Precise reclamation; soil biota; indicators of fertility; earthworms; crop dependence on the state of biota; plant requirements; land productivity of the Moscow region; white mustard.

References

1. **Shabanov V.V., Golovanov A.I.** Nekotorye aspekty tochnoj melioratsii // Prirodobustroystvo. – 2019. – № 1. – S. 92-96. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-aspekty-tochnoy-melioratsii> (data obrashcheniya: 06.07.2020)

2. O gosudarstvennom regulirovanii obespecheniya plodorodiya zemel selskohozyajstvennogo naznacheniya: Federalny zakon № 101-ФЗ (s izmeneniyami i dopolneniyami): [prinyat Gosudarstvennoj dumoj 16 iyulya 1998 goda]. – Moskva. – Dostup iz sprav. – pravovoj sistemy Garant. – Tekst: elektronny.

3. **Koltsova O.M.** Biologicheskaya diagnostika sostoyaniya chernozema vyshchelochennogo tipichnoj lesostepi // Vestn. Voronezh. gos. agrar. un-ta. – 2012. – № 1. – S. 7-11. URL: <http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2014/12/2012-1-32.pdf#page=7> (data obrashcheniya: 06.07.2020)

4. **Voronin L.V., Kolesnikova I.Ya.** Initsiirovannye komplekсы pochvennyh gribov v agrotsenozah // Yaroslavky pedagogicheskyy vestnik. 2012. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/initsiirovannye-komplekсы-pochvennyh-gribov-v-agrotsenozah> (data obrashcheniya: 06.07.2020)

5. **Shabanov V.V., Markin V.N., Soloshenkov A.D.** Assessment of soil biota requirements to hydrothermal conditions of the external environment // reports of the TSHA. – M.:

RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev, 2020. – Pp. 173-178.

6. **Nagumanova N.G., Koshelenko E.E.** Soobshchestva pochvennyh bespozvonochnyh kak bioindikatorskiye sistemy // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Elektronny nauchny zhurnal. – 2007. – № 2. – S. 38-45. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17949520_81288583.pdf (data obrashcheniya: 06.07.2020)

7. **Nagumanova N.G.** Mezopedobionty – indikatorы sostoyaniya pochvenno-rastitelnogo pokrova stepnoj zony yuzhnogo Urala // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. – 2005. – № 2 (40). – S. 8-12. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_18939579_78007790.pdf (data obrashcheniya: 06.07.2020)

8. **Gilyarov M.S.** Zoologicheskyy metod diagnostiki pochv. – M.: Nauka, 1965. – 228 s.

9. Rol dozhdevykh chervej v kachestve indikatora pochvennogo plodorodiya pri raznoj intensivnosti zemlepolzovaniya / B.D. Kiryushin, F. Elmer, S. Kryukov i dr. // Izvestiya Timiryazevskoy selskohozyajstvennoj akademii. – 1999. – Vyp. 4. – S. 20-32.

10. **Igonin A.M.** Kak povysit plodorodie pochvy v desyatki raz s pomoshchyu dozhdevykh chervej / A.M. Igonin. – Moskva: Informatsionno-vnedrenchesky tsentr «Marketing». – 2000. – 32 s.

11. Vermikultura i proizvodstvo (Mnogourovnevoe razvedenie krasnogo kalifornijskogo chervya) / M.F. Gorodnij, A.V. Bykiv, N.A. Pasechnik. i dr. – Moskva: ILKO. – 2012. – 52 s.

12. **Shinkarevsky P.V.** Vliyanie polozhitelnyh temperatur na razvitie dozhdevykh chervej na substrate iz pishchevyh othodov v zimnee vremya / P.V. Shinkarevsky, N.B. Osmanova, D.V. Balichieva // Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya, himiya. – 2013. – № 1 (65). – S. 286-290

13. **Piotrovsky D.L.** Ispolzovanie chervya tipa «Staratel» pri promyshlennom vermikompostirovanii / D.L. Piotrovsky, U.V. Druzhinina, M.V. Yanaeva // Sovremennye problem i puti ih resheniya v nauke, proizvodstve i obrazovanii. – 2016. – № 1. – S. 131-133

14. Razmnozhenie staratelya [elektronny resurs] URL: [http://farm-worm.com/razmnozhenie-staraelya/#:~:text=Dlya%20uspeshnogo%20razvedeniya%20и%20soderzhaniya,v%20tele%20samogo%20zhivotnogo\)%3B](http://farm-worm.com/razmnozhenie-staraelya/#:~:text=Dlya%20uspeshnogo%20razvedeniya%20и%20soderzhaniya,v%20tele%20samogo%20zhivotnogo)%3B) (data obrashcheniya: 10.07.2020)

15. **Shabanov V.V.** Bioklimaticheskoe obosnovanie melioratsij – L.: Gidrometeoizdat,

1973. – 165 s. <http://elib.timacad.ru/dl/full/f33.pdf/info>, (data obrashcheniya 29.07.20)

16. **Shabanov V.V.** Vлагообеспеченность yarovoj pshenitsy i ee raschet. – L.: Gidrometeoizdat, 1981. – 142 s. <http://elib.timacad.ru/dl/full/f42.pdf/info>, (data obrashcheniya 29.07.20).

17. **Pchelkin V.V.** Obosnovanie meliorativnogo rezhima osushaemykh pojmennykh zemel: Monografiya. – M.: KolosS, 2003. – 253 s.

The material was received at the editorial office
30.07.2020

Information about the authors

Shabanov Vitalij Vladimirovich, honorary worker of higher vocational education, doctor of technical sciences, professor of the department of land reclamation and reclamation, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, B. Academicheskaya, 44; e-mail: 515vvsh@gmail.com

Soloshenkov Alexander Dmitrievich, post graduate student FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, B. Academicheskaya, 44; e-mail: aleksandr_soloshenkov@mail.ru

УДК 502/504:631.671.43

DOI 10.26897/1997-6011/2020-4-22-27

Ю.Г. БЕЗБОРОДОВ¹, Н.Н. ХОЖАНОВ², Ж.С. АУТАНБАЕВА²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

² Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, Республика Казахстан

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ МЕЛИОРАТИВНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассмотрены вопросы оценки продуктивности климата, выбора и обоснования интегральных критериев, позволяющих провести экологическую оценку продуктивности ландшафтов. Охарактеризована экологическая обстановка природной системы Жамбылской области, проведена оценка состояния природных объектов по энергетическим и экологическим показателям. По радиационному индексу альтитуды местности (R_n) произведены расчеты радиационного индекса сухости (R) и проведено его сравнение с расчетными с данными по формуле М.И. Будыко. Изменение расчетной величины индекса сухости позволяет выделить предгорную и горную зоны. Предлагаемая методика экологической оценки продуктивности агроландшафтов и результаты комплексного районирования географических зон Жамбылской области позволяют уточнить общие энергетические и производственные ресурсы природных систем, что даст возможность провести комплексные мероприятия по восстановлению, сохранению и повышению потенциальной продуктивности агроландшафтов. Методика может быть применена при нормировании предельно-допустимого уровня использования природных ресурсов и размещения производительных сил агропромышленного комплекса.

Энергетические ресурсы, продуктивность природной системы, радиационный баланс, абсолютная отметка местности, коэффициент увлажнения.