

ВЛИЯНИЕ ТАЛОЙ ВОДЫ, ВЕРМИКОПОСТА И АНТРОПОГЕННЫХ НАГРУЗОК НА УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Винокуров И. Ю.

(Россия, Суздаль)

Установлено, что талая вода по сравнению с дистиллированной увеличивает устойчивость нормальных почв, определенную отношением параметров уравнения Ферхюльста K/r эфф. Отмечено влияние талой воды и на аномальные почвы. Талая вода усиливает их иммобилизационную способность. Роль кластерных структур в биологических системах обсуждается в рамках кооперативных молекулярных механизмов. Показано, что величина триггерного перехода аномальных почв зависит от параметрического масштаба, изменяющегося во времени и масштаба антропогенной нагрузки.

Роль кластерных структур в биологических системах вызывает повышенный интерес исследователей. Влияние кластерных структур на примере талой воды имеет циклическую (сезонную) особенность. Нам представляло интерес исследовать влияние талой воды на нитрификационные параметры логистического уравнения Ферхюльста (1) с определением устойчивости агроэкологической системы (АЭС). Это может позволить оценить влияние талой воды на режим энергоэкономности системы, т.к. устойчивость, выраженная отношением K/r , определяет экономное расходование ресурсов АЭС и связанные с ним существенные свойства АЭС: продуктивность и возможность воспроизводства плодородия [1].

Кинетика нитрификации почв определялась при 28°C и влажностью 60% с помощью нитрат селективных электродов. Талая вода получалась замораживанием и последующим таянием дистиллированной воды.

$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K} \right) \quad (1)$$

$$r = (2.303/t) \lg(K - x_0) / x_0 \quad (2)$$

Константы скорости нитрификации рассчитывались по уравнению (2), где r — константа скорости процесса роста микроорганизмов, x — текущая, x_0 — начальная численности микроорганизмов, а в рассматриваемом нами случае — соответствующие концентрации нитратов, t — время достижения системой текущей концентрации, равной $K/2$, т. е. половине экологической емкости. В случае подавления нитрификационных процессов за счет высокой иммобилизационной способности агроэкологической системы (АЭС) расчет константы скорости проводился по уравнению (3):

$$r = (2.303/t) \lg(1 - (K - x_0) / x_0). \quad (3)$$

Такие особенности параметризации позволяют получить единую шкалу устойчивости почвы, симметричную относительно нуля, для положительных и отрицательных величин. Однако при оценке констант скоростей следует учитывать, что интенсивность нитрификационных процессов будет меняться симбатно значению констант в положительной области их изменения. В то же время интенсивность иммобилизационных процессов будет изменяться антибатно модулю констант в отрицательной области. Результаты исследования приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Влияние талой воды на нитрификационные параметры уравнения Ферхюльста для нормальных по Докучаеву почв

Нитрификационные параметры уравнения Ферхюльста	Контроль (дистиллированная вода)	Талая вода
Константа скорости нитрификации r , час ⁻¹ · 10 ³	19 ± 0.9	23 ± 0.9
Экологическая емкость K , мг/100 г почвы	4.8 ± 0.2	7.4 ± 0.3
Устойчивость K/r , мг/100 г почвы · час	250 ± 12	320 ± 16

Таблица 2. Влияние талой воды на нитрификационные параметры уравнения Ферхюльста для аномальных по Докучаеву почв

Нитрификационные параметры уравнения Ферхюльста	Контроль (дистиллированная вода)	Талая вода
Константа скорости нитрификации, час ⁻¹ · 10 ³	-4.1 ± 0.2	-2.3 ± 0.1
Экологическая емкость К, мг\100 г почвы	10.6 ± 0.5	6.8 ± 0.3
Устойчивость Кг, мг\100 г почвы · час	-2580 ± 130	-2960 ± 140

Как видно из приведенных в таблицы 1 данных, талая вода по сравнению с дистиллированной почти на треть увеличивает устойчивость АЭС, что соответствует усилению режима энергоэкономности. Талая вода способствует росту обоих параметров, но величина "раскрытия" экологической емкости превышает величину роста константы скорости нитрификации, что приводит к росту их отношения.

Для аномальных почв дистиллированная вода, наоборот, усиливает иммобилизационные процессы и способствует "прикрытию" экологической емкости и недоступности почвенных ресурсов. Таким образом, талая вода обнаруживает симметричное влияние, усиливая нитрификационную составляющую нормальных почв и иммобилизационную составляющую аномальных почв.

Существующие кинетические теории: теория активных соударений и более совершенная по сравнению с ней теория переходного состояния не позволяют это сделать непосредственно. Однако рассмотрение сольватационной реорганизации при трансформации исходного состояния в переходное, т.е. детализация предпереходных процессов, открывает такие возможности.

Для этих целей нами был предложен возможный механизм динамической подстройки, представляющий последовательные кооперативные взаимодействия стерических, электронных и сольватационных эффектов в выделенном фрагменте молекулы [2, 3]. Среди наиболее наглядных свойств биологических систем, для объяснения которых он может использоваться, выделяется ингибирование ацетилхолинэстеразы (АХЭ) фосфорорганическими соединениями.

ническими ингибиторами и влияние талой воды на биологические системы.

Суть предложенного механизма заключается в следующем. Прежде чем особые центры молекул субстратов (ингибиторов) образуют комплексы с активными центрами ферментов, они гидратируются в биологической системе и могут образовать водородные связи с молекулами воды. Им необходимо "отключиться" от взаимодействий со средой, т.е. неизбежна сольватационная реорганизация. Этот процесс, по-видимому, имеет синергетическую природу, т.е. он связан с преодолением некоего порога. Лабильные, т.е. сопряженные с этими особыми центрами субстратов (ингибиторов) системы атомов или легко поляризуемые атомы, располагающиеся вблизи этих особых центров, могут существенно снижать указанный порог.

Трудно представить, как фосфорильный атом кислорода в молекуле ингибитора АХЭ без сольватационной реорганизации проникает в узкую "щель" активного центра АХЭ. В молекуле эффективных фосфорорганических ингибиторов АХЭ обязательно имеются атомы, сопрягающиеся с фосфорильным атомом кислорода или легко поляризующиеся атомы, как атом тиольной серы в тиохалиновых ингибиторах АХЭ. Замена этого легко поляризующегося атома тиольной серы на менее поляризуемый атом кислорода приводит к падению биологической активности ингибитора в десятки тысяч раз.

Отметим, что пептидная связь белка имеет аналогичной построение: сопряжение электронной пары атома азота с карбонильным атомом кислорода и такие динамические "конструкции" в молекуле белка могут исчисляться десятками тысяч. В этой связи весьма существенным для молекул биологических систем может оказаться не только величина бифуркационного порога, но и величина времени сольватационной реорганизации. Необходимо, чтобы время сольватационной реорганизации было достаточным для ее синхронизации с открытием "кармана" активного центра фермента и дальнейшего образования фермент-субстратного комплекса. Открытие этого кармана требует коллективных согласованных движений для достижения суще-

ственных изменений макроскопических конформаций молекул белка [4] и на это необходимо время.

Время сольватационной реорганизации с участием органических растворителей в химических реакциях достигает 10^{-8} – 10^{-9} сек. Для сольватационной реорганизации с участием молекул воды это время возрастает на 2–3 порядка как следствие сильно развитой в воде системы водородных связей. Талая (кластерная) вода должна еще больше увеличить время сольватационной реорганизации и этим оказать положительное влияние на развитие биологических систем.

Вермикомпост, также как и талая вода, широко распространен в природе. Как природный почвенный субстрат он "производится" дождевыми червями. Однако по сравнению с талой водой выделенный вермикомпост обладает ярко выраженной микрофлорой с преобладанием в ней анаэробных микроорганизмов. Он доступен почвенным микроорганизмам и может непосредственно влиять на величину экологической емкости АЭС. Влияние талой воды на устойчивость АЭС должно осуществляться за счет структурных изменений среды, которые, по-видимому, воздействуют на трансформацию органического вещества. Влияние вермикомпоста может происходить за счет его управляющего воздействия на АЭС. В пользу этого свидетельствует парадоксальный эффект влияния доз вермикомпоста на продуктивность АЭС [5].

Наличие трехфазной зависимости продуктивности ячменя от дозы вермикомпоста позволили нам допустить, что в данном случае имеет место триггерное управляющее воздействие вермикомпоста на фоне изменения его дозы [5]. Влияние слабых доз совпадает с доминированием в АЭС режима эффективной продуктивности, при средних дозах происходит переключение АЭС на режим накопления плодородия.

В этой связи представляло интерес изучение влияния доз вермикомпоста на параметры уравнения Ферхюльста с определением изменения устойчивости АЭС.

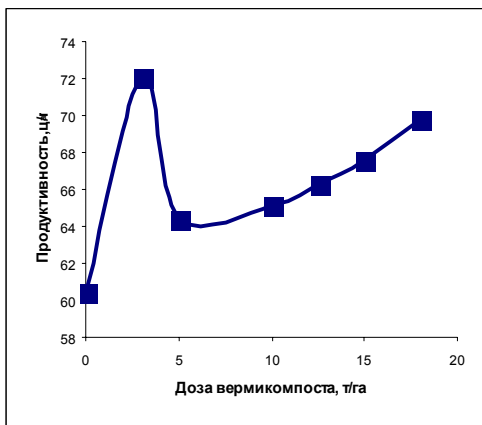


Рис. 1. Парадоксальный эффект влияния доз вермикомпоста на продуктивность ячменя

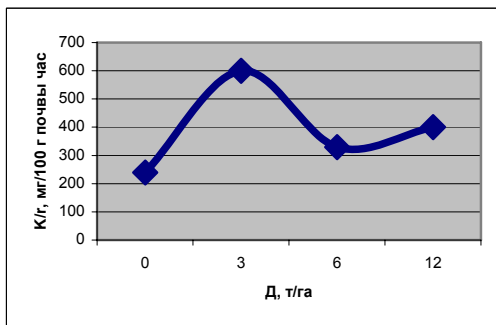


Рис. 2. Влияние доз вермикомпоста на устойчивость АЭС

оптимальных величин, характерных для устойчивых АЭС. При малых дозах 3 т/га – 6 т/га, что соответствует 0.1–0.2% по весу содержания вермикомпоста, в нормальных почвах происходит "переключение" АЭС с режима эффективной продуктивности на режим накопления плодородия. При дозе 3 т/га происходит резкое "раскрытие" экологической емкости К, а при дозе 6 т/га экологическая емкость "прикрывается". В связи с этими триггер-

На рисунке 2 приведена зависимость параметра устойчивости АЭС от доз вермикомпоста в интересующей нас области изменения. Как видно из приведенных данных характер кривых на рисунках 1 и 2 совпадает, что свидетельствует в пользу высказанных ранее нами предположений.

Как видно из приведенных в таблицы 3 данных, увеличение дозы вермикомпоста приводит к тенденции монотонного снижения констант скоростей нитрификации, что может способствовать достижению их

ными особенностями вермикомпост следует рассматривать не только как питательный почвенный субстрат, но и как эффективное средство влияния на управляющие параметры АЭС. Низкие дозы триггерного влияния вермикомпоста позволяют допустить, что почвенные черви могли сыграть более значимую роль в планетарной эволюции, чем им отведена.

Отметим, что внесение вермикомпоста в указанных дозах приводит к проявлению в образцах нормальной почвы слабого аномального характера, обусловленного наличием первоначального небольшого участка поглощения нитратов (А) на кинетической кривой нитрификации с последующим триггерным переключением (G). При дальнейшем увеличении концентрации нитратов во времени и выходе нитрификационного участка кинетической кривой на плато триггерный переход повторяется с присущей для аномальных почв ритмикой (P–G), но со значительным увеличением величины триггерного перехода.

Таблица 3. Влияние доз вермикомпоста для нормальных по Докучаеву почв на параметры уравнения Ферхюльста

Доза вермикомпоста, т/га	Константа скорости нитрификации, R эфф, час ⁻¹ · 10 ³	Экологическая емкость, K, мг/100 г почвы	Параметр устойчивости, K/r, мг/100 г почвы · час
0	18.9 ± 0.9	4.8 ± 0.2	240 ± 12
3	18.4 ± 0.7	11.1 ± 0,4	600 ± 29
6	17.9 ± 0.7	6.0 ± 0.2	330 ± 15
12	17.1 ± 0.8	8.1 ± 0.3	400 ± -16

Полученные результаты у нас не вызывают особых удивлений. Тенденция падения нитрификационных констант с увеличением дозы вермикомпоста может быть обусловлена влиянием доминирующей анаэробной микрофлорой вермикомпоста на аэробный нитрификационный процесс. Существенное возрастание величины триггерного перехода при изменении во времени параметрического масштаба, по-видимому, имеет фрактальную природу.

Влияние вермикомпоста на аномальные почвы имеет такой же характер, как и в случае нормальных почв, с учетом того, что функция устойчивости изменяется уже в отрицательной области (рис. 3). Вермикомпост усиливает аномальный характер аномальных почв, но опять по закономерностям трехфазной кривой.

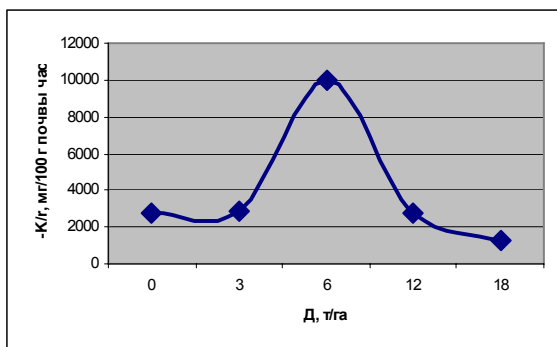


Рис. 3. Влияние доз вермикомпоста на устойчивость аномальных по Докучаеву почв

логического земледелия. Нитраты содержатся в почве как продукт нитрификации. Однако их внесение в почву имеет выраженный антропогенный характер. Нами показано, что реакция АЭС на внесение нитратов соответствует принципу Ле Шателье [6]. АЭС противодействует этим внешним возмущениям, но систематические возмущения в конечном итоге приводят к деградации АЭС.

В связи с обнаружением зависимости триггерного перехода от изменения параметрического масштаба во времени при изучении кинетики нитрификации аномальных почв, представляло интерес исследовать влияние антропогенных нагрузок (силовых в биофизическом смысле) на эти же системы. В качестве варьируемых антропогенных нагрузок были выбраны нитраты.

При наложении на указанные выше АЭС антропогенной нагрузки они могут стать парадоксально устойчивыми.

Можно считать, что влияние талой воды и вермикомпоста на АЭС носят неантропогенный характер. В связи с этим использование вермикомпоста относится к области био-

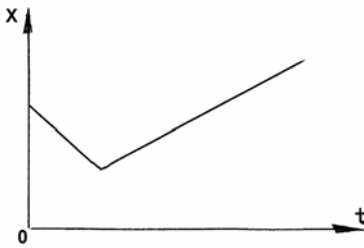


Рис. 4. Интегральная зависимость для парадоксально устойчивой системы

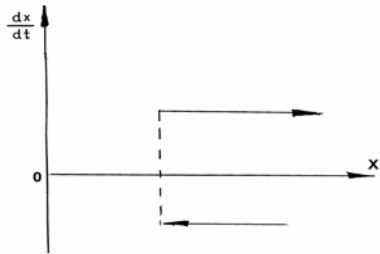


Рис. 5. Преобразованная интегральная зависимость для парадоксально устойчивой системы в координатах Ляпунова

На рисунке 4 показана интегральная кинетическая кривая парадоксально устойчивой системы и ее преобразование в системе координат Ляпунова (рис. 5) [4]. На графиках четко выражена точка инверсии, через которую проходит система.

На рисунке 6 приведена зависимость константы скорости нулевого порядка от уровня антропогенной нагрузки до точки инверсии (верхний график). Как видно из приведенных данных, для этого случая имеет место отрицательная обратная связь: чем выше уровень антропогенной нагрузки, тем отрицательнее константа скорости, что соответствует соблюдению принципа Ле Шателье.

После преодоления точки инверсии (рис. 6, нижний график) принцип Ле Шателье не соблюдается и для этого случая характерна положительная обратная связь константы скорости с уровнем антропогенной нагрузки. Следует отметить, что третьей точке от начала координат (рис. 6) соответствует максимальное значение устойчивости и для нее же соотношение констант скорости нулевого порядка до точки инверсии и после нее равно 1.3, что соответствует "золотому сечению".

Результаты, представленные на рисунке 6 обобщены в системе координат Ляпунова (рис. 7). Из рисунка 7 следует, что антропогенная нагрузка обнаруживает фрактальный характер, она определяет масштаб явления, но не его коренную природу, связанную прохождением системы через точку инверсии.

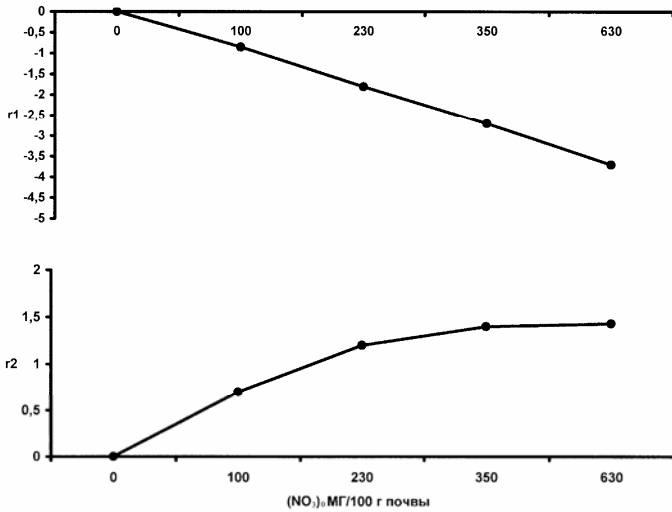


Рис. 6. Зависимость констант скоростей интегральной зависимости от уровня антропогенной нагрузки (содержания нитратов)

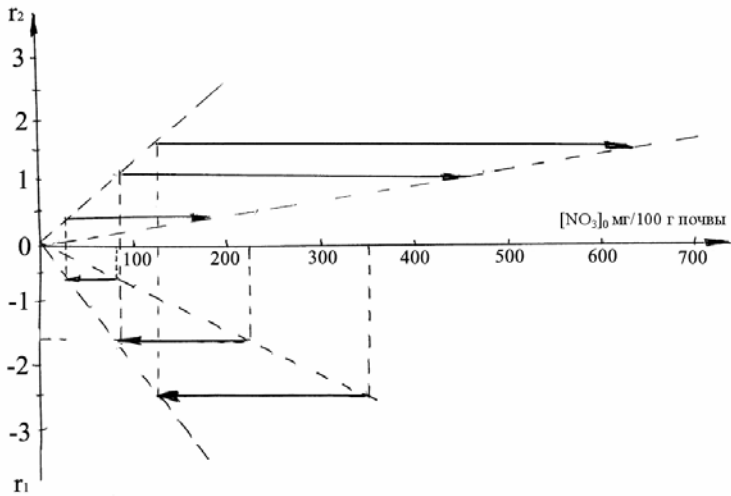


Рис. 7. Преобразованные интегральные зависимости в координатах Ляпунова

Список литературы:

1. Винокуров И.Ю. Кинетика нитрификационных процессов серых лесных почв // Владимирский земледелец. 2003. Т.29. №3. С.12–14.
2. Винокуров И.Ю. О возможном механизме динамической подстройки в процессе химического взаимодействия // Межведомственный реферативный сборник "Техника, технология, экономика". 1982. Серия "0". Вып.14.
3. Винокуров И.Ю. Эволюция сложных систем: устойчивость, самоорганизация // Владимирский земледелец. 2003. Т.27. №1. С.19–23.
4. Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии. Москва-Ижевск, 2003. 183с.
5. Винокуров И.Ю. Влияние вермикомпоста на устойчивость агроэкологических систем // 2-я международная научно-практическая конференция "Дождевые черви и плодородие почв", Владимир. 2004. С.133–135.
6. Винокуров И.Ю. Термодинамический подход к описанию устойчивости агроэкологических систем // Владимирский земледелец. 2002. Т.26. №1. С.12–14.

INFLUENCE OF THAWED WATER, VERMICOMPOST AND ANTHROPOGENOUS LOADINGS ON STABILITY OF AGRARIAN ECOLOGY SYSTEMS

Vinokurov I. J.

(Russia, Suzdal)

It is established, that thawed water in comparison with distilled water increases normal soil stability, determined by the relation of parameters of Ferhust's equation K/r eff. Influence of thawed water of abnormal ground is marked too. Thawed water strengthens them immobilized ability. The role of the "cluster" structures of biological systems is discussed within the framework of cooperative molecular mechanisms. It is showed that value of the trigger transition for abnormal soil cases from time parameter scale and scale for anthropogenous loadings.