

УДК 536.12:581.5:531.4

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОСТИ
ПОЧВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ И ПРОБЛЕМЫ ТОЧНОГО
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Винокуров И.Ю., Корчагин А.А., Мазиров М.А.

*ГНУ ВНИИСХ Россельхозакадемии,**Владимирский государственный университет,**Российский государственный аграрный университет МСХА**им. К.А.Тимирязева*

Подробная информация об авторах размещена на сайте

«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>**Обсуждается проблема описания устойчивости почвенных экосистем в рамках принципа Ле Шателье-Брауна.**

Защитные (буферные) свойства почвенных экосистем в существенной степени определяются процентным содержанием органического вещества верхнего слоя почвы. Сохранение органического вещества, а вместе с ним и комплекса гуминовых кислот, его воспроизводство относится к проблеме устойчивости почвенных экосистем.

Реализация практических задач этой актуальной проблемы нуждается в разработке новых методологических подходов. Нам не может устроить агрохимическая методология, в основе которой используется балансовый подход: вынесение питательных веществ из почвы должно быть компенсировано их внесением. Начало этого подхода было положено Либихом.

Однако модели, построенные на этой основе, страдают статичностью.

К.К. Гедройц усовершенствовал балансовый как чисто химический подход представлениями о почвенном поглощающем комплексе (ППК). В его представлениях почвенная энергетика обуславливалась физико-химическими процессами, оптимизацией ионного обмена, влиянием удобрений на эту оптимизацию. Подход К.К. Гедройца к описанию почвенных экосистем стал более совершенным: коллоидно-химическим.

Тем не менее, научные представления в указанных выше рамках не могут объяснить огромный опытно-экспериментальный материал, связанный с

деградацией почвенных экосистем при систематическом наращивании минеральной компоненты, которое сопровождается распространением патогенных микроорганизмов. Они не приблизили исследователей к пониманию явления саморегулирования, характерного для сложных систем, в т. ч. и почвенных.

Почвенная экосистема, согласно представлениям, В.И. Вернадского – это фокус биосферы, в котором реализуются взаимные превращения минеральных и органических веществ. К ней должен применяться биогеохимический принцип (первый биосферный принцип) [1]. Почвенная энергетика в этой связи должна обуславливаться биогеохимической энергией, лежащей в основе концепции биогеоценозов и ее нельзя свести только к физико-химическим описаниям процессов. На это указывает синергизм между минеральной и биологической компонентами почвенных экосистем.

Такое определение, во-первых, уже предполагает совместное рассмотрение воздействия внешних факторов и отклик на них внутренних параметров системы, что характерно для синергетического подхода. Во-вторых, может быть рассмотрено в рамках термодинамического принципа Ле Шателье-Брауна: в устойчивой системе реализуются процессы компенсирующие внешние воздействия. В третьих, оно открывает возможности развить представления В.И. Вернадского о "термодинамиче-

ском поле системы" в рамках его биогеохимического принципа.

Этот принцип дополняет синергетические и термодинамические представления о единстве и целостности почвенной экосистемы сопряжением ее биологической и минеральной составляющих. Почва – фокус, на котором замыкается биосферный круговорот, поэтому синтез биологической и минеральной компоненты агроэкосистем невозможен без рассмотрения ее химического ракурса [8].

Известно, что поступление азота в агроэкологическую систему в виде минеральных удобрений изменяет интенсивность азотфиксации. Как правило, происходит снижение азотфиксирующей способности симбиотических микроорганизмов [6]. Такие же тенденции наблюдаются и для несимбиотических (свободноживущих) микроорганизмов, например, сине-зеленых водорослей.

Ряд потоков вещества в агроэкологической системе, обусловлен процессами жизнедеятельности микроорганизмов. Если в нее вносится минеральный азот, который агроэкологическая система сама производит, то для сохранения устойчивости ей приходится "отключать" подсистемы, связывающие и производящие азот. Это явление мы назвали термодинамическим прессингом [2].

Термодинамический прессинг вызывает заболевание или даже гибель клубеньков симбиотического связывания азота, выпадение клевера из травосмесей: все зависит от дозы минерального азота. Как показали наши исследования на агроландшафтном стационаре, увеличение дозы азота с 0 до 90 кг/га приводит к уменьшению доли клевера в составе клеверотимофеечной смеси с 77 до 56%.

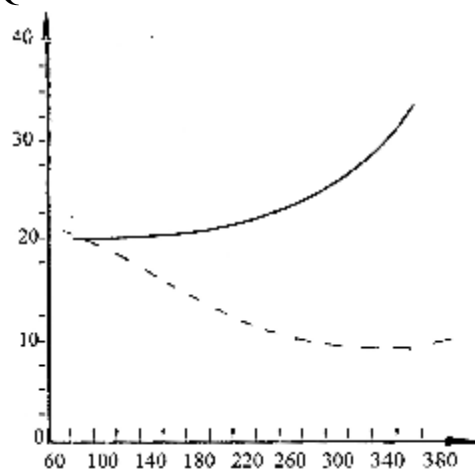
Следует допустить, что между продуктивностью агроэкологической системы, внесенными дозами удобрений и распространением болезней должна существовать взаимосвязь, обусловленная взаимодействием потоков веществ. Здесь болезни растений можно также рассматривать как некие потоки.

На практике избежать проявлений термодинамического прессинга позволяет совместное применение минеральных и

органических удобрений и использование севооборотов. Вермикомпост, как нами показано [4], также можно рассматривать как эффективное средство преодоления последствий термодинамического прессинга.

Нелинейный характер зависимости продуктивности агроэкосистемы от возрастающих доз удобрений получен нами на агроландшафтном стационарном опыте. С возрастанием дозы окупаемость удобрений снижается (рис. 1).

P, Q



D, кг/га д.в.

— — — — — продуктивность, ц/га зерн. ед.

- - - - - окупаемость, кг/кг

Рис. 1. Влияние доз удобрений (D) на продуктивность (P) севооборотов и окупаемость (Q).

Непосредственное применение принципа Ле Шателье-Брауна может быть дополнено использованием такого термодинамического понятия как химическое сродство, отнесенное к процессу нитрификации агроэкосистемы. Оно позволяет обосновать линейные зависимости между константами скоростей нитрификации и логарифмами начальных концентраций нитратов в почвах.

Эти закономерности нами установлены не только на примере длительных стационаров по ускоренному воспроизводству плодородия серых лесных почв, но и для элементарных почвенных ареалов (ЭПА) агроландшафтных стационаров (рис. 2).

На рисунке 2 приведена зависимость между константами скорости нитрификации и логарифмами начальных концентраций, отнесенных к различным ЭПА агроландшафтного стационара (коэффициент корреляции $R = 0,97$).

В качестве управляющих параметров агроэкосистем нами было предложено использовать константу скорости нитрификации r и отношение K/r , где K – экологическая емкость (r и K параметры логистического уравнения Ферхюльста

$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K}\right)$ для нитрификационного процесса) [3].

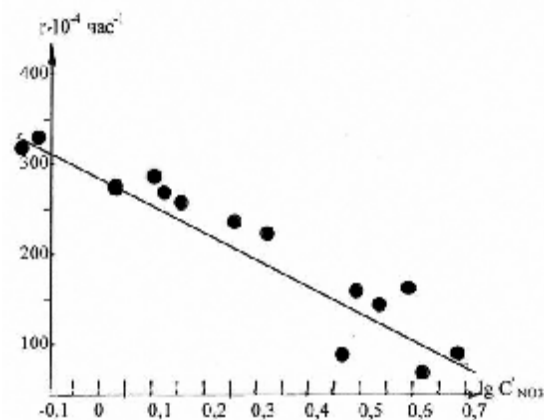
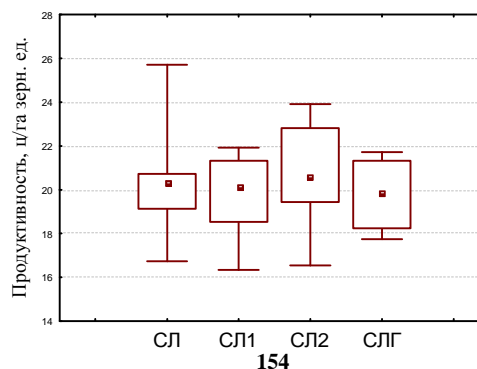
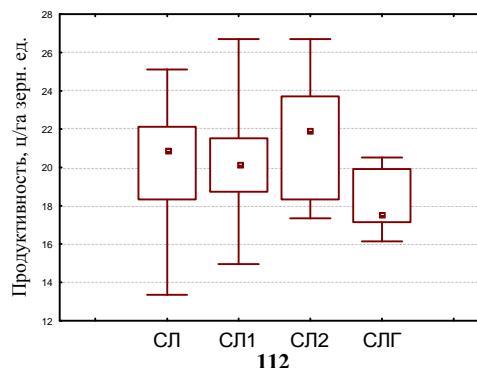
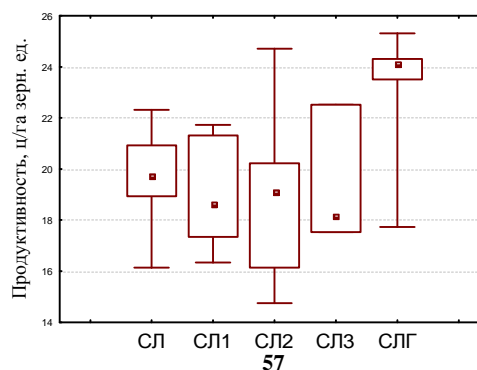
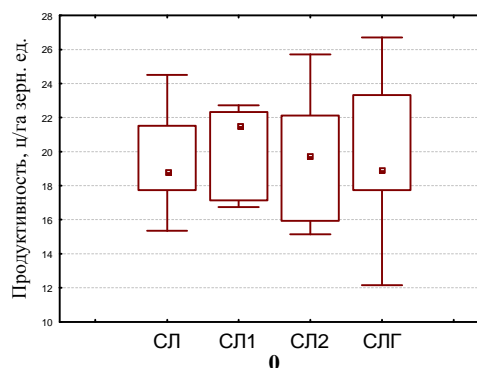


Рис. 2. Зависимость константы скорости нитрификации от логарифма начальной концентрации нитратов для различных элементарных почвенных ареалов плакорных почв агроландшафтного стационара

Увеличение термодинамического прессинга должно стирать различия продуктивности по ЭПА. Это подтверждают результаты сравнительной продуктивности севооборотов (рис. 3).

Как показал дисперсионный анализ, на разных уровнях внесения удобрений эффективность ЭПА существенно различалась ($p < 0,02$). Достоверные отличия отмечены при внесении 57 кг NPK. Здесь преимущество имели почвы со вторым гумусовым горизонтом, продуктивность которых была на 3,3-4,4 ц/га зерн. ед. выше, чем на других почвенных разностях. Дальнейшее увеличение дозы удобрений нивелирует эти отличия, что мы интерпретируем ростом термодинамического прессинга.



Медиана 25%-75% Min-Max

Рис. 3. Статистики варьирования продуктивности культур по дозам минеральных удобрений (в среднем за ротацию севооборота, кг/га д.в.).

СЛ – серая лесная почва; СЛ1-серая лесная слабоподзоленная; СЛ2 – серая лесная среднеподзоленная; СЛ3 – серая лесная сильноподзоленная; СЛГ – серая лесная со вторым гумусовым горизонтом.

Аналогичные результаты получены при исследовании влияния рельефа на катенах. Как было установлено, увеличение дозы минеральных удобрений приводит к нивелированию рельефных различий, выраженных через отношение К/г [5]. Этот феномен также удалось объяснить в рамках термодинамических представлений.

Таким образом, рельефное нивелирование агроландшафта минеральными удобрениями должно иметь синергетическую природу, обусловленную откликом внутренних параметров агроэкосистем на внешнее воздействие. Продуктивность агроэкосистемы при этом возрастает, но внутренние биологические параметры, определяющие зависимость от рельефа, снижаются.

Проблемы точного земледелия обозначены в связи с внедрением адаптивно-ландшафтных систем земледелия [7]. Нами предлагается использовать новые прецизионные параметры эволюции агроэкологических систем – г, К, К/г, вычисленные из уравнения Ферхюльста для нитрификационного процесса и отражающие их отклик на возмущающие воздействия.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ Р-483.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., 1987. 219 с.
2. Винокуров И.Ю. Термодинамический подход к определению устойчивости агроэкологических систем. // Владимирский земледелец, 2002, № 1 (26). С.35.
3. Винокуров И.Ю. Кинетика нитрификации серых лесных почв и устойчивость агроэкологических систем. Труды XI Международной научной конференции "Математика, компьютер, образование". Дубна. "Москва-Ижевск", 2004. С. 644.
4. Винокуров И.Ю. Влияние талой воды, вермикомпоста и антропогенных нагрузок на устойчивость агроэкологических систем. Труды XII Международной научной конференции "Математика, компьютер, образование". Пушкино. «Москва-Ижевск», 2005. С. 1036.
5. Винокуров И.Ю. Применение теории термодинамической устойчивости к внедрению адаптивно-ландшафтных систем земледелия в сельскохозяйственную практику. Сб. докладов Международной научно-практической конференции "Агрохимические проблемы биологической интенсификации земледелия". Владимир, 2005. С. 351.
6. Кудеяров В.Н. Генезис, плодородие и мелиорация почв. Пушкино, 1980.
7. Модель адаптивно-ландшафтного земледелия Владимирского Ополя (под редакцией Кирюшина В.И., Иванова А.Л.). М.: "Агроконсалт", 2004. 456 С.
8. Тюрюканов А.Н., Федоров В.М. Н.В. Тимофеев-Ресовский: Биосферные раздумья. М., 1996. Ассоциация "Космонавтика-человечеству". 368 с.

THERMODYNAMICAL SOIL ECOSYSTEMS' STABILITY CRITERIA AND PROBLEMS OF ADEQUATE AGRONOMY

Vinokurov I.Yu., Korchagin A.A., Mazirov M.A.

*State Scientific Establishment Vladimir Science Research Institute of Agriculture of Russian Agricultural Academy,
Vladimir State University,
Russian State Agrarian University of MAA named after Timiryazev K.A.*

Problem of the thermodynamic describes for soil ecology system stability are discussed. The stability of soil ecology system are connected to the Le Chatelier's principle: there are certain processes compensating external indignations in a steady system.