

**СУЗДАЛЬСКИЕ ВСТРЕЧИ:  
СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ КУРДЮМОВ.  
ИДЕИ СИНЕРГЕТИКИ В АГРАРНОЙ НАУКЕ**

**Винокуров И. Ю.**

(Россия, Суздаль)



Древний Суздаль — жемчужина "Золотого кольца", известный в мире туристический центр, расположенный в двухстах километрах от Москвы. Его посещали многие известные политики, дипломаты, художники и артисты.

Остался и след от посещения одного из руководителей НАТО, ныне верховного комиссара Евросоюза Совьера Соланы. Его автограф опубликовала газета "Суздальская Новь".

Для нас важно не только то, что оставили именитые гости. Гораздо большее значение имеет человеческая память.

Работник Владимиро-Суздальского музея заповедника звонарь Юрий Юрьевич Юрьев посадил ель в память об академике Борисе Викторовиче Раушенбахе, с которым он был лично знаком. Она растет на территории Спасо-Евфимиевского монастыря, где погребен прах Дмитрия Пожарского и известного православного пророка монаха Авеля. Так, прошлое соединяется с настоящим и будущим, вмещаясь в единое пространство культурно-исторического ландшафта. Так, невольно подчеркивается значение триады, имеющей историческое предназначение не только для России, но и для нашей цивилизации в целом. Эту триаду составляет наука (образование), культура и православие.

Эта статья посвящена Суздальскому следу замечательного российского математика, ученого с мировым именем Сергея Павловича Курдюмова. Знакомство с ним состоялось на конференции "Нелинейный мир", проходившей в Суздале летом 2002 года. Вместе с Игорем Витальевичем Арзамасцевым — научным сотрудником Владимирской реставрационной мастерской

нам предложили выступить на открытии конференции как преподавателям суздальской научной общественности.

И. В. Арзамасцев в своем выступлении обозначил проблему, связанную с градостроительной структурой Суздаля и его культурным ландшафтом. Его выступление касалось принципов складывания сакрального пространства Суздаля — культурного ландшафта как самоорганизующейся синергетической системы. Были выделены основные факторы этого пространства — иерархичность и центричность.

С. П. Курдюмов поддержал такую трактовку формирования культурного ландшафта, основанную на взаимосвязи времени и пространства. Он обратил внимание на то, что у В. И. Вернадского существует единая категория "пространство- время". Это означает, что каждый отрезок временной оси имеет конкретное пространственное воплощение, т.е. у каждого пространства — свое время и у каждого времени — свое пространство.

Исходя из этого, И. В. Арзамасцев представил культурный ландшафт как единую, но дискретную структуру, состоящую из отдельных пространственно-временных топосов, которые в свою очередь формируются в отдельные группы, каждая из которых составляет определенную эпоху и находит зримое воплощение в исторической среде, включающей культурные памятники и природное окружение.

С. П. Курдюмов обратил внимание на одно из высказываний Артура Шопенгауэра о том, что между пространством и временем существует причинно-следственная связь. Для И. В. Арзамасцева это было особенно ценным, т.к. эта связь обусловлена местом в пространстве, т.е. тем, что можно назвать территориальностью [1].

В своем выступлении я продолжил использование этого термина, так как он позволяет перейти к понятию устойчивости и проблеме сохранения уникальных культурно-исторических ландшафтов. Суть проблемы в том, что устойчивость такой уникальной градостроительной синергетической структуры, как Суздаль, невозможно представить только в рамках городской черты.

Суздаль находится в створе очень компактного водосборного бассейна рек Каменка и Мжара, что совпадает с понятием ат-

трактора. Устойчивость такой системы, ее экология будет зависеть от территории этого водосборного бассейна, т.е. от состояния ближайших репеллеров.

В связи с вышеизложенным уникальность Суздаля должна определяться не только внутренним культурно-историческим ландшафтом, но и принадлежностью городской территории к створу очень компактного водосборного бассейна. Компактную территорию проще содержать в рамках экологических требований [2].

По мнению авторитетного почвоведа из Пущино, автора потоковых картографических моделей, профессора И. Н. Степанова таких примеров в мире — единицы. Нам удалось получить потоковые картографические модели Суздаля, его окрестностей и на их основе сделать такие выводы.

Следовательно, прав А. Шопенгауэр и в причинно-следственной связи пространства и времени ведущая роль принадлежит пространству. Тогда Суздаль находится в уникальном пространстве, и оно во многом определило его историческую значимость. Каждый пространственно-временной тонус, соответствующий конкретной исторической эпохе, вносил свой конкретный уникальный вклад в общую структуру культурно-исторического ландшафта. Нам было приятно и радостно ощущать поддержку С. П. Курдюмова, которая значительно повлияла на ход дальнейших исследований.

На открытии конференции приходилось констатировать, что происходит постепенное накопление дефектов в градостроительной структуре и окружающей среде. На крутых берегах Каменки у стен древних монастырей уже возникают оползни. Когда уровень накопления этих дефектов достигнет бифуркационной точки, произойдет катастрофа и тогда будет поздно. Эту мысль мы проводили и на региональном научно-практическом семинаре в Суздале с приглашением местных чиновников. Но они не пришли, ссылаясь на свою занятость. Тогда мы поняли, что только чтением лекций по синергетике для чиновников эту проблему не решить.

Тем не менее, усилия не были напрасны. У нас появились надежные союзники в лице Владимиро-Суздальского музея заповедника и ВНИИСХ. Нам все же удалось силами научной об-

шественности организовать государственный региональный заказник "Ильинский луг" почти в центре древнего Суздаля. На территории компактного водосборного бассейна ВНИИСХ внедрена адаптивно-ландшафтная система земледелия [3, 4, 5]. Все это вселило оптимизм, что нам удастся сохранить уникальное пространство, на котором размещается Суздаль — "символ русской государственности", город сыгравший ключевую роль в становлении Северо- Востока Руси.

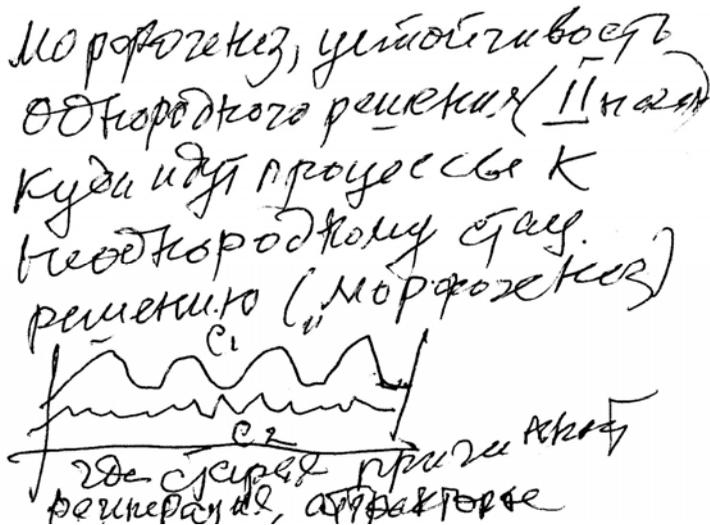
Конференция живо отреагировала на наши усилия и оптимизм. Это выступление определило в дальнейшем и наши отношения с С. П. Курдюмовым. Сергей Павлович уделил нам много времени.

Эти встречи существенно повлияли и на наши научные позиции. Мы не только взяли за новое, но и вернулись к старым своим заброшенным идеям, которым уже четверть века.

Я понял: вывести агрохимию из кризиса может только развитие в ней синергетических подходов. Гениальные положения В. В. Докучаева нужно перевести в русло современных биофизических и синергетических терминов и работать с ними. Это может в ближайшее время привести к значительным результатам.

Общаясь с Сергеем Павловичем, мы осознали, что нужно не только работать на современном уровне, но и уметь популярно излагать суть сложных проблем. Синергетика — междисциплинарная наука. Развитие способностей к научной популяризации позволяет преодолеть междисциплинарные барьеры.

Мы с удивлением узнали, что С. П. Курдюмов читает лекции по синергетике в школе. Он сразу поддержал мою идею подготовить лекцию по синергетике для молодых ученых-аграриев. Фрагмент записей С.П. Курдюмова к этой лекции мы приводим ниже.



Эта лекция была прочитана в Суздале на Всероссийской школе молодых ученых-аграриев и опубликована в нашем журнале [6, 7]. Хотя в ней я затрагивал сложные проблемы, молодые ученые слушали лекцию с большим интересом, а академики РАСХН отнеслись к ней доброжелательно.

В таком же стиле, я постараюсь изложить суть наших дискуссий и консультаций с Сергеем Павловичем на Суздальской синергетической конференции. Как следствие этих дискуссий будут в краткой форме приведены конкретные опытные и экспериментальные результаты. Значительная часть из них уже опубликована.

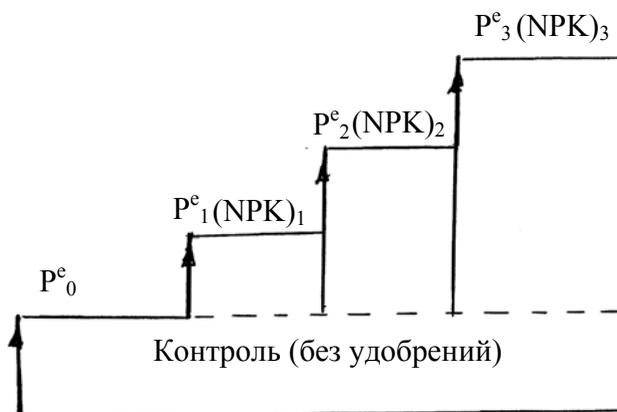
Итак, о сложных проблемах в популярной форме.

Значение идей синергетики в аграрных науках рассмотрим на примере предложенной нами синергетической схемы влияния минерального питания на продуктивность агроэкологических систем (АЭС).

В аграрных науках до сих пор доминируют аддитивные схемы оценок влияния отдельных факторов. Однако почвы представляют собой экологические диссипативные системы, к кото-

рым следует применять совершенно другие подходы. В этих подходах используются кооперативные модели и синергетические принципы.

Изложенное выше, прежде всего, имеет отношение к агрохимии. Агрохимики чрезмерное внимание уделяют только внешним параметрам агроэкологических систем (АЭС), обусловленным воздействием различных доз минеральных удобрений на продуктивность. Схема широко распространенных агрохимических исследований приведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Распространенная схема агрохимических исследований - взаимосвязь внешних параметров АЭС ( $P^e$ ) и применяемых доз минеральных удобрений:  $(NPK)_1$  — низкие,  $(NPK)_2$  — средние и  $(NPK)_3$  — высокие дозы.

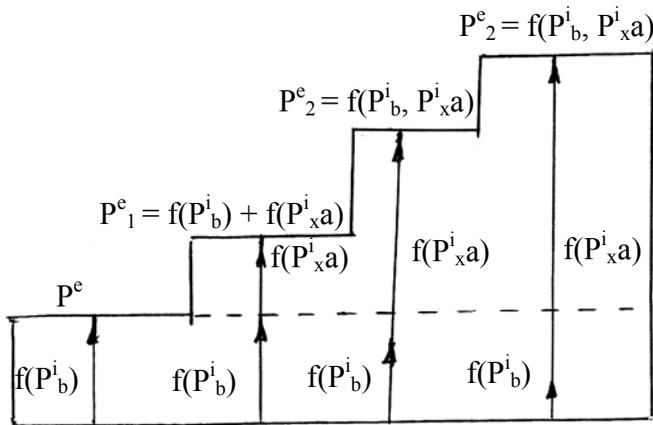
Различные дозы азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений вызывают различные прибавки урожая возделываемых культур, фиксируемые по сравнению с контролем. К настоящему времени накоплен огромный материал по выше представленной схеме (рис. 1.) Однако эти обширные данные не дают ответа на главные вопросы: какова природа нелинейного характера зависимости продуктивности от дозы минеральных удобрений и чем обусловлена необходимость использования севооборотов в традиционном земледелии? Почему при возде-

лывании монокультуры с использованием минеральных удобрений АЭС деградируют?

Эта ситуация способствует обострению кризиса современной агрохимии и к ней можно отнести слова С. П. Курдюмова из выступления на Суздальской синергетической конференции: "Сократить время лишних, тупых попыток, пустого эксперимента, не использовать старый и никому не нужный метод проб и ошибок. Отсюда и гуманистический элемент, который следует из синергетики, из нелинейных уравнений. Вот вам и постановка задачи, способ моделирования, и она реальна, потому что этот спектр бесконечно прост. Путь на самом деле трудно увидеть, но спектр можно. Можно, в конце концов, увидеть границы пути".

"Путь" в контексте уже наших аграрных исследований — это разработка научно обоснованных критериев устойчивости АЭС. Для того чтобы увидеть границы этого пути, мы используем синергетические принципы.

Увидеть границы этого пути нам мешают чисто декларативные заявления о стремлении достичь устойчивых урожаев, а также увлечение только внешними параметрами АЭС и аддитивным подходом к построению моделей.



**Рис. 2.** Синергетическая схема влияния различных доз минеральных удобрений на внутренние параметры АЭС ( $P_b^i$ ,  $P_{x^i}$ ).

Исходное положение синергетического подхода — связь внешних ( $P^e$ ) и внутренних ( $P^b$ ,  $P^a$ ) параметров АЭС. В качестве  $P^e$  подразумевается, прежде всего, продуктивность АЭС. Из внутренних параметров рассматривается  $P^b$  — внутренний биологический параметр, обуславливающий эволюцию АЭС, и  $P^a$  — внутренний химический (антропогенный) параметр, отражающий внесение в АЭС минеральных удобрений для увеличения ее продуктивности.

На контроле изменения внешнего параметра системы  $P^e$  обуславливаются только изменением ее внутреннего биологического параметра  $P^b$ , т.е.  $P^e = f(P^b)$ .

При малых концентрациях минеральных удобрений изменения  $P^e$  могут быть представлены в форме аддитивной модели, т.е. суммы изменений отдельных функций  $P^e = f(P^b) + f(P^a)$ . При этих условиях можно принять  $\partial f(P^b)/\partial P^a = 0$ . В связи с тем, что варьирование  $P^a$  достигается за счет изменения дозы минеральных удобрений ( $D$ ), для этого случая  $\partial f(P^b)/\partial D = 0$ , а  $f(P^b) = \text{const}_1$ . Изменения внешнего параметра АЭС  $P^e$  соответствуют уравнению  $\partial P^e/\partial D = \text{const}_2$ , т.е. линейной зависимости продуктивности АЭС от дозы. В интегральной форме это можно представить следующим образом

$$P^e = \text{const}_1 + \text{const}_2 \cdot D$$

$$P^e = f(P^b) + (\partial P^e/\partial D) \cdot D$$

При средних дозах минеральных удобрений возникает синергетический отклик АЭС на внешнее воздействие. Отклик усиливается при высоких дозах. Этим случаям соответствует  $\partial f(P^b)/\partial P^a < 0$ , т.е. в АЭС возникает отрицательная обратная связь, нарушающая линейность зависимости  $P^e = f(D)$ . Для них аддитивные модели  $P^e = f(P^b) + f(P^a)$  не адекватны. Здесь следует использовать кооперативные модели  $P^e = f(P^b, P^a)$ .

Отрицательная частная производная  $\partial f(P^b)/\partial P^a < 0$  соответствует экспериментальным результатам. Все они подтверждают действие фундаментальных термодинамических законов: в устойчивой системе возникают внутренние изменения, стремящиеся противодействовать внешним воздействиям (принцип Ле Шателье-Брауна).

Многочисленные опыты свидетельствуют о том, что внесение минерального азота в АЭС приводит к сокращению активности микроорганизмов, задействованных в системе фиксации органического азота [8]. Происходит снижение азотфиксации, вызываемой как жизнедеятельностью симбиотических микроорганизмов, так и несимбиотических (свободноживущих), например, сине-зеленых водорослей. С другой стороны, усиливается минерализация и денитрификация почвенного азота: переход его в подвижные формы [8]. Наблюдается отклик АЭС на внесение в нее минерального азота: система сокращает фиксацию органического азота и стремится "выбросить" имеющийся азот посредством перевода его в подвижные формы.

Действие принципа Ле Шателье–Брауна объясняет феномен распространения патогенных организмов (грибов: мукора, пенициллиума, фузариума и т.д.) в почвах при интенсивном использовании минерального азота и несоблюдении севооборотов. АЭС для сохранения устойчивости приходится "отключать" подсистемы, производящие азот, но "природа не терпит пустоты" и образовавшиеся ниши могут заполняться патогенными грибами.

Нами удалось показать, что в снижении биологического потенциала АЭС, как синергетического отклика на внесение минеральных удобрений, задействуются внутренние фитопатологические параметры. В этой связи болезни растений можно рассматривать как некие корректирующие внешнее воздействие потоки [9]. Устойчивость — главный императив АЭС и для его достижения она способна деградировать. Смысл этого положения прост. Если за внутренними потоками АЭС стоит жизнеспособность микроорганизмов, то для сокращения этих потоков могут использоваться патологии этих микроорганизмов.

Это допущение было нами подтверждено при совместном изучении влияния доз органических удобрений на продуктивность и фитопатологии АЭС.

Установлено, что АЭС образует замкнутые траектории, которые близки по форме к классическим биофизическим аттракторам [10]. Так, например, для корневых гнилей траектория имела форму закручивающейся во внутрь спирали, а для других

случаев траектории были близки по форме к аттрактору временной зависимости концентрации реагентов реакции Белоусова–Жаботинского. Эти данные свидетельствуют о том, что АЭС эволюционирует к стационарным состояниям по совокупности всех параметров, включая фитопатологические параметры [10].

В этой связи становится понятным, почему интенсивные сельскохозяйственные технологии, базирующиеся на использовании высоких доз минеральных удобрений, объективно способствуют термодинамическому прессингу: распространению патологий и деградации почв. Избежать этого позволяет система севооборотов. Получена она эмпирическим путем, но понять ее смысл позволяет только синергетика.

Севообороты позволяют, прежде всего, провести реабилитацию АЭС путем высевания травяных смесей с бобовыми культурами после применения высоких доз минеральных удобрений, что способствует восстановлению утраченного биологического потенциала. Вторая задача, с которой успешно справляется система севооборотов, состоит в недопущении длительного развития патологий, что наблюдается при интенсивном возделывании монокультур.

Традиционная аграрная наука трактует использование минеральных удобрений с совершенно других позиций. Их суть в том, что вместе с урожаем выносятся питательные вещества и для восполнения утраченного почвенного ресурса вносят удобрения. Это позволяет сохранить баланс питательных веществ, а значит добиться устойчивого развития АЭС. АЭС при этом представляется даже, как кибернетическая система с нарушенными отрицательными обратными связями, и внесение минеральных удобрений способствует ее устойчивости.

Синергетический подход не отрицает необходимости сохранения баланса питательных веществ, но дифференцирует пути восстановления утраченного почвенного ресурса. Синергетика акцентирует внимание на отрицательной обратной связи в агрофитоценозах. Именно она обуславливает устойчивость АЭС, но именно она ответственна за развитие патологий и за почвенную деградацию.

Традиционное земледелие должно учитывать зависимость внешнего параметра АЭС от двух внутренних параметров, т.е.  $P^e = f(P^1b, P^1x^a)$  и в частном случае, переходном между традиционным и органическим земледелием  $P^e = f(P^1b) + f(P^1x^a)$ .

В органическом земледелии (абсолютных ее формах)  $f(P^1x^a) = 0$  и  $P_e = f(P^1b)$ .

Для гидропонной культуры, а также неживых или "костных" по В.В. Докучаеву почвах  $f(P^1b) = 0$  и  $P^e = f(P^1x^a)$ .

Этот последний частный случай совпадает с позициями традиционной аграрной науки. Здесь отрицательная обратная связь полностью разрушена, а возделывание культур будет исключительно зависеть от баланса питательных веществ. В этом случае баланс питательных веществ можно считать неким управляющим параметром. Однако широкое использование этого частного случая к "живым" почвам не предвещало ничего хорошего. В этой связи отметим, что проблемы агроэкологии могут накапливаться не только в полях.

Нам представляется, что будущее аграрных наук за синергетикой, которая объединяет последовательное применение термодинамического и биофизического подходов к описанию устойчивости АЭС.

Одним из важных этапов исследования для нас стал этап определения внутреннего биологического параметра, определяющего эволюцию и устойчивость АЭС.

Нами впервые показано, что кинетика нитрификации серых лесных почв может быть описана в рамках логистического уравнения Ферхюльста [12]. В результате были определены константы скорости нитрификации ( $r$ ) и оценены экологические емкости ( $K$ ) для различных органо-минеральных систем удобрений. В качестве параметра устойчивости предложено отношение  $K/r$ , представляющее, по сути, пролонгированную нитрификационную способность почв.

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

Здесь  $r$  — константа скорости процесса роста микроорганизмов,  $x_0$  — начальная и  $x$  — их текущая численность.

Таким образом, для определения устойчивости АЭС необходимо не один, а два внутренних биологических параметра. По физическому смыслу устойчивости АЭС соответствует энергоэкономное использование почвенного потенциала под урожаем.

Такой же физический смысл заложен Г. П. Гладышевым в его термодинамической теории эволюции живых существ, согласно которой живые существа отличаются от неживых систем большей энергоэкономностью [13]. Мы пошли дальше, т.к. сравнили биологические системы между собой по критерию энергоэкономности, но выраженному в кинетической, а не термодинамической форме. Чем выше отношение  $K/r$ , тем живая система более совершенна, а АЭС более устойчива, т.е. более способна к продуктивности и воспроизводству плодородия [12].

Можно показать, что в отношении эволюции эта формула универсальна. Она определяет, что эволюция биологической системы зависит от трех факторов: наличие ресурсов, эффективное их использование, экономность их расходования. Несоблюдение хотя бы одного из них приводит к кризису развития.

Между предлагаемыми нами параметрами устойчивости  $K/r$  и начальной концентрацией нитратов в почве существует прямая зависимость (рис. 3).

Она позволяет распределить системы удобрений на три группы. В первой — абсолютный контроль, сидеральные пары и другие системы с низкими параметрами устойчивости, во второй — черный пар и черный пар с навозом, в третьей, где достигаются максимальные величины продуктивности и плодородия — занятые пары.

Для первой группы систем удобрения характерны такие понятия как деградация (абсолютный контроль), антропогенные элементы технологий (сидеральные пары, которые в природе не встречаются) и неэффективность.

Вторая группа может характеризоваться таким понятием как сохранение устойчивости (черные пары).

Третья группа используется для эффективного воспроизводства плодородия, т. е. улучшения системы и для нее больше всего подходит синергетический термин самоорганизация.

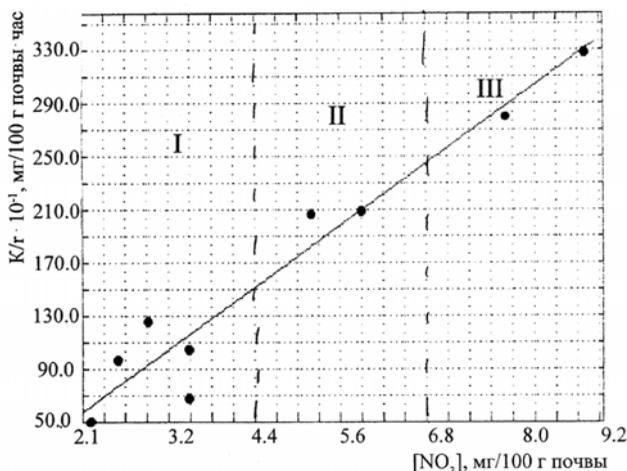


Рис. 3. Зависимость параметров устойчивости АЭС от начальной концентрации нитратов в почве, слой 0-20 см

Внесение в почву аминокислот показало, что они обладают управляющим воздействием на устойчивость АЭС. Например, глицин в концентрации 0.1% по весу в почве увеличивает функцию  $K/r$  для нормальных по Докучаеву почв более, чем в 4 раза. Еще более существенное влияние глицин оказал на аномальные почвы, изменив знак функции с отрицательного на положительный и ритмику АЭС с аномальной на переходную.

В этой связи укажем на необходимость определения уровня содержания аминокислот в АЭС наряду с определением других агрохимических и биологических параметров.

Нами было установлено, что талая вода по сравнению с дистиллированной увеличивает на треть устойчивость нормальных почв, определенную функцией  $K/r$  [14]. Отмечено влияние талой воды и на аномальные почвы. Талая вода усиливает их иммобилизационную способность. Это имеет практическое значение, т.к. каждую весну происходит впитывание талой воды на агроландшафтах и с каждым годом происходит усиление рельефных различий между аномальными и нормальными почвами по элементам катен В. В. Докучаева. Это влияние талой воды нами объясняется ролью кластерных структур в биологических сис-

темах и обсуждается в рамках кооперативных молекулярных механизмов [14].

Нами показано, что на устойчивость АЭС могут влиять производные хитозана. Эти соединения в последнее время рассматриваются в качестве компонента стимулирующего комплекса природных гуминовых веществ. Оболочки клеток микроорганизмов содержат хитозан, поэтому допускается, что часть гуминовых кислот, содержащая органический азот, представлена хитином и хитозаном. Хлористый хитозоний, как нами установлено, при концентрации 0.1 % в почве оказывает системное управляющее воздействие на АЭС, сокращая в 3 раза экологическую емкость. Такое системное воздействие может способствовать процессу гумификации в АЭС.

При непосредственном участии зав. лабораторией токсикологии института проблем экологии и эволюции РАН Е. С. Бродского нам впервые удалось установить тенденции влияния диоксинов на эволюцию АЭС. Диоксины в дозе  $3 \cdot 10^{-3}$  г/га вызывают уменьшение почвенного потенциала ( $K$ ), используемого под урожай, почти на порядок для нормальных почв и в 2 раза для аномальных почв. Кроме того, они изменяют биологическую ритмику аномальных почв. Нам удалось показать, что при диоксиновом воздействии модель расчета биофизических параметров теряет свою устойчивость, что соответствует стиранию биологической информации АЭС. Последнее наблюдалось нами только для замороженных почв.

Известно, что диоксины, называют химическим СПИДом, "благодаря" их свойствам расстраивать иммунную систему человека. На почвенные системы диоксины влияют подобным образом, вызывая в них хаос.

Эффективность универсальной функции  $K/r$  была обнаружена нами и при решении задач описания продуктивности и плодородия элементарных ареалов ландшафта. Оказалось, что она имеет волнообразный характер [14]. Профиль этой функции на катенах В. В. Докучаева практически совпадает с аналогичными профилями продуктивности.

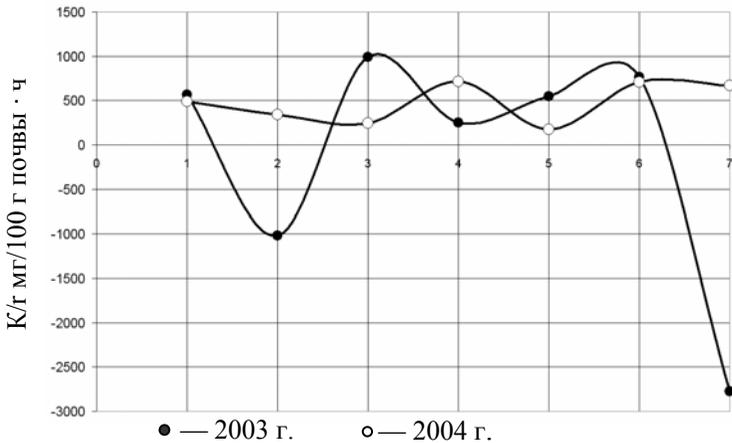


Рис. 4. Профили устойчивости малой катены в окрестности села Гнездилово

Как видно из приведенных результатов, в 2004 г произошло синергетическое изменение профиля устойчивости и продуктивности по сравнению с 2003 г. Аналогичное изменение произошло с профилем содержания Азотобактера (*Chroococcum*) — свободноживущего азотфиксатора, отнесенного к индикаторам токсичности и факторам плодородия (рис. 6) [15].

Обращает на себя внимание синхронное изменение профилей. Такое синергетическое переключение свидетельствует в пользу представлений метода пластики рельефа о том, что почвенный поток — единая система, связанная информационным полем и ее нельзя представлять в виде хаотично разбросанных ЭАЛ [16]. На основании выше приведенного отметим, что почву следует рассматривать как экологическую диссипативную систему.

Пространство, время, движение и информация как категории, используемые в методе пластики рельефа, разработанного Пущинскими почвоведом, применимы и к внутренним биофизическим параметрам АЭС.

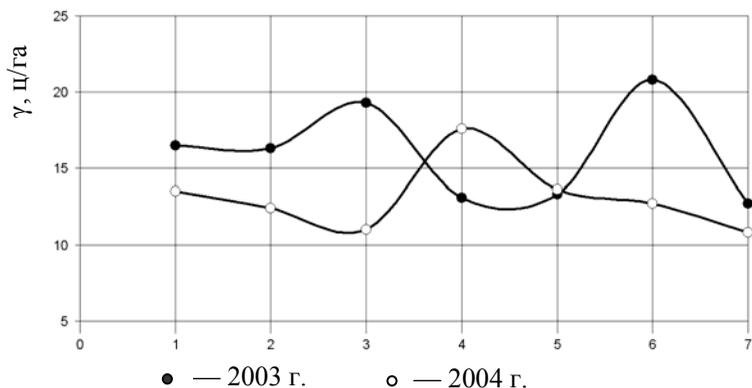


Рис. 5. Профили продуктивности малой катены в окрестности села Гнездилово

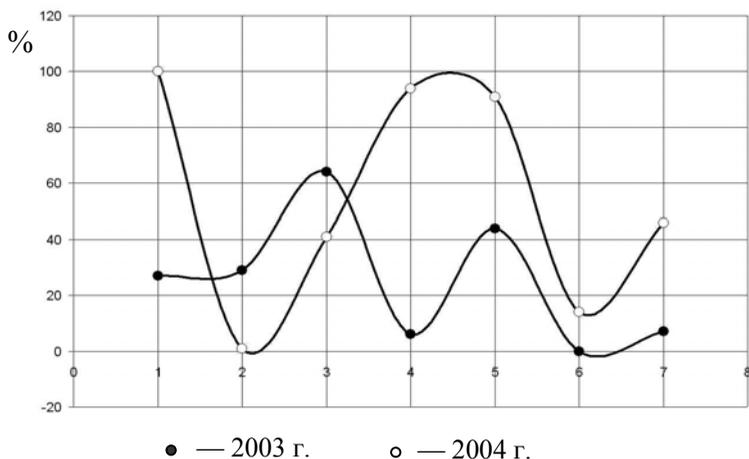


Рис. 6. Профиль содержания Азотобактера (*Chroococcum*) малой катены в окрестности села Гнездилово

Таким образом, управление АЭС по элементам ландшафта осуществляется волнообразными функциями. Волнообразное движение наиболее распространено в природе в силу своей устойчивости. Это понимают даже тренеры спецназа ФСБ, когда

объясняют телезрителям волнообразный принцип движения бойцов в используемой ими системе единоборств. Будем надеяться, что в аграрных науках эти особенности управляющих функций не создадут непреодолимого психологического барьера для восприятия. Для описания почвенных диссипативных систем принципы линейности и аддитивности неперспективны.

Волнообразный характер обнаруживают зависимости продуктивности АЭС от доз вермикомпоста [13]. Зависимости функции  $K/r$  от таких же доз имеют аналогичный волнообразный характер. Управление системой в этом случае осуществляется первым параметром, т.к. второй — практически не изменяется.

Такой же характер управления обнаруживается при внесении минеральных удобрений на катены. У всех элементарных ареалов ландшафта снижается величина функции  $K/r$ , в основном, за счет падения величины  $K$ , т.е. термодинамического принципа управления. Однако второй управляющий параметр  $r$  также изменяется относительно элементов рельефа, но здесь проявляется совсем другой принцип управления, связанный с симметрией сложной системы (принцип Наймана – Кюри).

Синхронное снижение функции  $K/r$  по всем ЭАЛ при внесении минеральных удобрений и есть синергетический отклик АЭС. Мы качественно определили его на схеме (рис. 2) и затем количественно определили в виде снижения функции  $K/r$ . Это имеет принципиальное значение для объяснения влияния минеральных удобрений на агроландшафте. Относительно рельефа, как нами было показано, проявляется зависимость только  $P^b$  [14]. Рост  $P^i x^a$ , вызывающий синергетическое снижение  $P^b$ , соответствует нивелированию рельефных особенностей с ростом дозы минеральных удобрений. Об этом свидетельствуют многочисленные опытные данные. Теперь можно утверждать, что это рельефное нивелирование имеет синергетическую природу.

Исследование поведения функции  $K/r$  относительно элементов рельефа показало, что нормальные, аномальные и переходные по В. В. Докучаеву почвы можно различить по различным биологическим ритмам, т.е. последовательности чередования мобилизационных и иммобилизационных процессов [14]. В кинетике нитрификации АЭС проявляются как триггерные, так и

фрактальные особенности, когда триггерный переход повторяется во времени, но его величина зависит от параметрического масштаба (концентрации нитратов) во времени. Этот феномен мы назвали "почвенным флатером".

Решение проблемы флатера лежит в основе теоретической космонавтики и авиации. На заре авиации летательные аппараты "разваливались" в воздухе в результате резкого роста амплитуды колебаний. Эта проблема была решена под руководством академика М. В. Келдыша в институте прикладной математики. В почвенных системах в качестве аналогов вибраций могут рассматриваться и триггерные переходы. В принципе аналогия просматривается. Процессы, смещенные во времени, могут вызывать колебания переменных [17].

С. П. Курдюмов также возглавлял институт прикладной математики. Это обстоятельство не могло не оказать на нас влияние, и мы стали использовать в почвоведении авиационные термины. По-видимому, поговорку: "Рожденный ползать — летать не может", — уже нельзя применять к почвенным системам.

В следующем номере мы продолжим рубрику "Идеи синергетики в аграрной науке", а также рассмотрим проблему нравственности в науке как результат влияния С. П. Курдюмова — крупного ученого и педагога.

### **Список литературы:**

1. Арзамасцев И. В. Сакральная топография как основа сложности культурного ландшафта Суздаля домонгольского периода // Материалы VIII Всероссийской научной конференции "Экологические проблемы сохранения исторического и культурного наследия". Бородино-Москва. С. 84–10
2. Винокуров И. Ю. Использование адаптивно-ландшафтной системы земледелия для сохранения исторического ядра Суздаля // Материалы VII Всероссийской научной конференции "Экологические проблемы сохранения исторического и культурного наследия". Бородино-Москва. С. 73–79.
3. Кирюшин В. И., Иванов А. Л., Волошук А. Т., Мазиров М. А., Перевертин К. А., Винокуров И. Ю. и др. Модель адаптивно-ландшафтного земледелия Владимирского ополья. М.: Агроконсалт, 2004. 455 с.

4. Адаптивно-ландшафтные особенности Владимирского Ополья. Под редакцией Волощука А.Т. М.: 2004. 444 с.
5. Окорков В. В. Опыт изучения адаптивно-ландшафтных систем земледелия во Владимирском Ополье. Владимир, 2003. 280 с.
6. Винокуров И. Ю. Эволюция сложных систем: устойчивость, самоорганизация // Владимирский земледелец. 2003. № 1. Т. 27. С. 19–23.
7. Курдюмов С. П. Темпомиры, правила коэволюции, влияние прошлых и будущих стадий развития // Тезисы 7 Международной конференции "Нелинейный мир", "Языки науки-языки искусства". Суздаль. 2002. С. 53–54.
8. Кудеяров В. Н. Генезис, плодородие и мелиорация почв. Пущино, 1980.
9. Винокуров И. Ю. Термодинамический подход к совместному описанию продуктивности и фитопатологии агроэкосистемы // Тезисы докладов 2-го съезда биофизиков России. 1999. Т. 3. С. 872–873.
10. Винокуров И. Ю. Влияние вермикомпостов на устойчивость агроэкологических систем. 2-я Международная научно-практическая конференция "Дождевые черви". Владимир. 2004. С. 133–135.
11. Винокуров И. Ю. Кинетика нитрификации серых лесных почв и устойчивость агроэкологических систем // Труды XI Международной конференции "Математика, компьютер, образование". 2004. С. 644–654.
12. Гладышев Г. П. Термодинамическая теория эволюции живых существ. М., 1996.
13. Винокуров И. Ю. Влияние талой воды, вермикомпоста и антропогенных нагрузок на устойчивость агроэкологических систем // Тезисы 12 Международной конференции "Математика, компьютер, образование". 2005. С. 240.
14. Винокуров И. Ю. Волнообразные свойства пространственно-временных параметров агроэкологических систем относительно элементов рельефа // Тезисы 12 Международной конференции "Математика, компьютер, образование". 2005. С. 239.
15. Винокуров И. Ю., Алеева Л. А., Викулина Е. В., Стоянова Л. Г. Влияние рельефа на микробиологические характери-

стики ареалов ландшафтов при катенных исследованиях // Владимирский земледелец. 2004. № 1. Т. 31. С. 12–14.

16. Степанов И. Н. Пространство и время в науках о почвах. М.: Наука, 2003. 182 с.

17. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Часть 1. Москва-Ижевск, 2002. 231 с.

**SUZDAL' MEETING:  
SERGEY PAVLOVICH KURDYUMOV. IDEAS OF  
SYNERGETIC IN AGRARIAN SCIENCE**

**Vinokurov I. Yu.**

(Russia, Suzdal')