

УДК 633.2/3:631.95

## **ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗВРЕДНЫХ СИСТЕМ КОРМОПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ МЕЛКИХ И КРУПНЫХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ**

**В.А. ТЮЛЬДЮКОВ, И.В. КОБОЗЕВ, Я.П. ГЕРЧИУ, В.Х. ХОТОВ**

(Кафедра луговодства, Отраслевая научно-исследовательская лаборатория технологии и механизации орошения, кафедры агрохимии и коневодства)

Приведены результаты обобщения экспериментальных исследований по организации кормопроизводства в условиях разных хозяйств. Разработаны концепция и системы экологически безвредного применения животноводческих стоков на сельскохозяйственных угодьях, которые основываются на необходимости учета связей не только в региональном, но и в глобальном биогеохимическом цикле, а также учитывают социально-экономические условия и потребности общества. Предлагается рассматривать влияние разных факторов на элементы экосистемы как своеобразные стрессы, или катастрофы, различающиеся по уровню, продолжительности, направленности, объёму воздействия и результативности.

В ряде работ [5, 14, 17, 19] показано, что деятельность человека приводит не только к ухудшению экологической ситуации местности, но и к отрицательному изменению всей биосферы.

В работах В.А. Ковды [9, 11] указывается на необходимость комплексного подхода к экологическим проблемам с учетом и естественных, и социально-экономических процессов. При этом решение проблем охраны природы должно стать обязательным на всех уровнях производственной деятельности человека [3, 19]. Вместе с тем до сих пор не существует четкого обоснования методологии уменьшения отрицательного воздействия на биоценозы и биосферу и усиления положительного влияния на них антропогенных факторов. В данной статье на основе обобщения

результатов собственных исследований и научной литературы делается попытка представить хотя бы элементы концепции экологизации комплекса агромелиоративных приемов в кормопроизводстве с точки зрения биогеохимических циклов и анализа связей в биогеоценозах и между последними.

### **Интенсивные системы кормопроизводства при крупных животноводческих фермах и вопросы экологии**

В.И. Вернадский [3, 4] заложил основы учения о биогеохимической цикличности, согласно которому между элементами и подсистемами биосферы проходят биогеохимические круговороты веществ и энергии, носящие циклический характер. До последнего вре-

Таблица 1

Содержание кадмия и свинца (мг/кг) в 0-20 см слое тяжелосуглинистой почвы и в траве на разных участках культурных пастбищ (ГПЗ «Заря Подмосковья» Домодедовского района Московской области, 1992 г.)

Участок	Почва		Трава	
	Cd	Pb	Cd	Pb
Культурные пастбища				
Придорожная полоса (5—10 м)	2,03±0,89	254,80±3,41	0,28	8,93
Горизонтальный участок на расстоянии от шоссе:				
60—65 м	1,89±0,20	53,01±1,84	0,24	3,04
200—205 м	1,70±0,25	37,44±1,70	0,22	2,05
Вершина склона блюдцеобразного понижения	1,54±0,20	20,88±1,74	0,18	1,44
Дно блюдцеобразного понижения	2,05±0,20	30,50±2,80	0,28	3,38
Лесной массив				
Ровный участок	1,22±0,21	18,05±1,50	—	—
Вершина склона блюдцеобразного понижения	1,04±0,20	17,50±1,65	—	—
Дно блюдцеобразного понижения	1,48±0,25	24,33±1,80	—	—
Вершина холма (супесь)	0,89±0,20	14,10±2,35	—	—
Подножие холма	1,39±0,30	22,15±2,76	—	—
ПДК	5	30	0,5	5

Таблица 2

Содержание (мг/кг) кадмия (числитель) и свинца (знаменатель) в супесчаной дерново-подзолистой почве и траве на разных участках (Калужская область, Хвостовичский район, 1992 г.)

Участок	Почва	Трава (мхи)
Поселок Еленский (естественный травостой, пониженная часть водосбора, в 30—32 км от села Красное)	$\frac{1,33±0,25}{45,30±2,65}$	$\frac{0,21±0,5}{3,84±0,56}$
Полуверховое болото среди лесного массива (торф)	$\frac{5,34±0,25}{97,80±2,20}$	$\frac{0,56±0,05}{5,05±0,60}$
Село Красное (естественный травостой, возвышенная часть водосбора)	$\frac{0,79±0,34}{29,67±5,31}$	$\frac{0,14±0,05}{2,40±0,25}$
Картофель, кукуруза прифермского севооборота	$\frac{1,24±0,30}{37,30±4,80}$	—
Культурный сенокос (с внесением NPK)	$\frac{1,05±0,15}{30,06±4,90}$	$\frac{0,21±0,03}{2,47±0,20}$

мени можно было говорить, что в ходе развития биосферы в результате естественной направленности планетарного и региональных биохимических циклов сложился устойчивый и нормальный биогеохимический фон, характерный для той или иной местности, сформировались так называемые биогеохимические провинции. В настоящее время с уверенностью можно утверждать, что в эти закономерности, кроме мегакатастроф (извержения вулканов, метеориты, тайфуны, ураганы), вмешивается и с каждым годом все сильнее деятельность человека. Из-за промышленных выбросов, урбанизации, химизации и интенсификации сельского хозяйства идет искусственное перераспределение химических элементов биосферы. При этом часто распределение и осаждение этих элементов носит пятнистый характер, что связано как с действием физических полей [16], так и с нисходящими и восходящими потоками атмосферы, неравномерностью нагрева растительно-почвенного покрова, который обуславливает процесс термофореза и термоосмоса. Кроме того, следует учитывать, что внесение тех или иных элементов в качестве удобрений неравномерно даже в пределах одного поля, не говоря уже о видах и массивах сельскохозяйственных угодий и регионах. Это подтверждается исследованиями, проведенными в Московской и Калужской областях. Из табл. 1, 2 видно, что содержание кадмия и свинца в почве близко находящихся друг от друга участков зависит от расположения шоссе и дороги, микроповышений или повышенный рельефа.

Кроме того, данные табл. 2 показывают, что на содержание кадмия и свинца в почве и траве влияют нормы органических и минеральных удобрений. Отсюда следует, что даже с органичес-

кими удобрениями в пределах одной биогеохимической провинции может происходить перераспределение химических элементов в пользу агроэкосистемы вследствие выноса их с естественных фитоценозов. Таким образом, можно говорить об искусственно созданных аномалиях внутри биогеохимических провинций. Все это свидетельствует о необходимости химического мониторинга на сельскохозяйственных угодьях по каждому участку, особенно на пересеченной местности, в зонах отдыха и отвода приусадебных и дачных участков, причем не только в промышленных регионах, поскольку промышленные выбросы могут переноситься на большие расстояния, а характер их выпадения носит пятнистый характер.

С биогеохимической цикличностью органогенных элементов связано формирование урожайности растений и гумусового горизонта почвы. В результате сельскохозяйственной и промышленной деятельности человека в экосистемах, с одной стороны, ускоряется биогеохимический цикл некоторых веществ, например углерода и азота, с другой — из этого цикла изымается большое количество веществ, особенно в результате индустриализации и укрупнения городов. Причем эти вещества переносятся в другие места, загрязняя биогеоценозы, нарушая экологическое равновесие. Для поддержания высокого плодородия почвы и увеличения продукционной способности агроэкосистем необходимо научно обоснованное внесение изымаемых веществ в виде удобрений. Однако при неправильном использовании удобрений они могут превратиться в факторы загрязнения окружающей среды. При правильном применении удобрений за счет увеличения биомассы корней и густоты стояния растений повышается почвозащитная роль трав.

Из учения о биогеохимических циклах следует вывод о нецелесообразности строительства больших животноводческих комплексов из-за необходимости перевозок на большие расстояния разного рода продуктов от фитоценоза к животным и обратно, что неизбежно ведет к потерям, а следовательно, и к перестройке биогеоценозов в региональных масштабах. Даже при собственном кормопроизводстве затраты ( $T$ ) на перемещение корма и навоза являются линейной функцией от поголовья ( $n$ ) скота ( $T = kfn$ ). Правда, при росте поголовья на комплексе снижаются в некоторой степени затраты на строительство и обслуживание помещений и животных, зато в квадрате возрастают затраты на поддержание благополучной санитарно-ветеринарной обстановки (по данным хозяйств Московской области). При строительстве гигантских животноводческих комплексов нарушается равновесие в агроэкосистеме, создается ее двухполюсность: один полюс — фитоценоз, другой — фауна (животные), т.е. биогеоценоз разрывается на две части, между которыми энергетические связи удлиняются, приобретая неустойчивый характер, становятся менее эффективными, из-за чего часто происходят срывы в кормлении скота и возврате изъятых из почвы веществ на поле. При этом, как правило, снижается эффективность использования растительности и продуктов животноводства. В частности, из-за перевода на стойловое содержание или укрупнения гуртов становится невозможным использование мелких участков с травянистой растительностью, лесолуговых угодий. возникает опасность локальных разрушений естественных и искусственных фитоценозов. Увеличиваются холостые перегоны животных, что ведет к снижению их продуктив-

ности. При стойловом содержании коров возникает необходимость «холостых» прогулок. На пастбище животные кормятся, совершая при этом моцион; одновременно отпадает необходимость транспортировки корма и навоза [18]. Следовательно, при пастбищном содержании животных в биогеоценозе происходит меньше энергетических потерь, чем при стойловом.

Есть и другой положительный аспект пастбищного скармливания травостоя животным. Отчуждение зеленой части растения является для него своеобразным стрессом. При укосном использовании к угнетению растений добавляется уплотнение почвы и подпочвенных слоев уборочно-транспортной техникой, в результате чего ухудшаются водно-физические свойства почвогрунтов и условия для деятельности микрофлоры и корней, подземных побегов травостоя и его надземной части. Таким образом, происходит несколько стрессов в ряде экологических ниш, соседствующих друг с другом, что приводит к усилению негативного действия антропогенных факторов в целом на экосистему.

При организации сельскохозяйственного производства необходимо рассматривать человека, его деятельность, сельскохозяйственные растения и угодья, а также сельскохозяйственных животных как элементы биосферы. При этом важно стремиться обеспечить замкнутый цикл веществ в указанной экосистеме. Для рационального использования природных факторов, во-первых, необходимо обеспечить или сохранить флористическое многообразие, во-вторых, добиться наиболее полного соответствия агроэкосистемы потребностям животных. Полное использование возможностей сельскохозяйственных угодий, в частности пастбищ, достигается

как созданием специализированных травостоев, так и выращиванием разнообразных видов и пород животных. Например, для мелких ферм и крестьянских хозяйств можно рекомендовать совместную пастьбу крупного рогатого скота, его молодняка, овец и коз и скармливание не стеденного коровами и лошадьми сена козам и овцам. В колхозах и совхозах, как показала практика, рационально после пастьбы молодняка крупного рогатого скота использовать травостой для скармливания взрослым животным. Можно принять такую очередность выпаса: крупный рогатый скот, лошади, овцы. В этом случае пастбищный травостой используется почти полностью. Особое внимание следует обратить на пастбищное содержание лошадей. Устройство огороженных левад позволяет эффективно использовать травостой лошадьми. На левадах обеспечивается активный моцион, частично заменяющий тренинг-испытания, что способствует поддержанию хорошего здоровья и рабочей формы животных. Отмечено, что лошади хорошо поедают травостой после коров только в том случае, если на пастбищах практикуется систематическое разравнивание экскрементов животных. Резко ухудшается поедаемость лошадьми пастбищного корма при использовании на пастбищах стоков животноводческих ферм, особенно свиноводческих.

Организация небольших ферм (до 100 гол. крупного рогатого скота) позволяет рационально использовать мелкоконтурные и неудобные участки, в травостоях которых встречаются виды с высокой концентрацией веществ, обладающих тонизирующим, профилактическим и лечебным действием.

Особое внимание необходимо обратить на возможность высокоэффективного использования в Нечерноземной

зоне массивов, занятых кустарниками и мелколесьем, при выращивании мясного скота.

В этом случае участок огораживают, на нем устраивают водопой и места для раскладки поваренной соли. В отдельных случаях можно сделать навес. На таком участке молодняк вместе с коровами мясных пород содержится круглосуточно в течение всего пастбищного периода. Постепенно происходит осветление залесенных и закустаренных участков, улучшаются условия для развития ценных трав.

Таким образом, пастбищное содержание животных в конечном счете обеспечивает наилучшее экологическое соотношение между двумя подсистемами (уровнями или нишами) экосистемы: животными и фитоценозами. При этом достигается наиболее полная замкнутость биогеоцикла с наименьшими затратами.

В условиях крупных специализированных животноводческих комплексов возникает ряд экологических проблем, связанных не столько с перебросом энергии и вещества от продуцирующей кормопроизводящей подсистемы к потребителю — животным, сколько с обеспечением хотя бы минимальной замкнутости биогеохимического цикла, т.е. возврата непереваренных веществ к месту их изъятия. В природе такой возврат активизирует биологические процессы, в основном компенсирующие изъятие этих веществ: усиливается продуцирующая способность фитоценоза, что ведет к усиленной фиксации солнечной энергии в виде биоты и органики. На пастбищах это реализуется наиболее полно. Однако на специализированных комплексах даже при пастбищном содержании животных отмечаются неблагоприятные последствия выпаса. Во-первых, в этом случае

наблюдается выпадение высокопродуктивных верховых видов. Во-вторых, для повышения урожайности травостоя приходится вносить азотные удобрения, которые способствуют выпадению из травостоя таких высокопродуктивных и высокобелковых трав, как клевер, люцерна и т.п. В-третьих, при внесении на пастбища животноводческих стоков, особенно в повышенных дозах, необходимо удлинять срок от их применения до скармливания с целью обеззараживания корма. То же следует делать и при использовании минеральных удобрений, поскольку их внесение можно рассматривать как стресс, а иногда и как микрокатастрофу в экосистеме, ведущую к резкому изменению микрофлоры, концентрации почвенного раствора, пищевого режима почвы и т.д. Однако как после любой катастрофы, не превышающей восстановительной способности экосистемы, так и после внесения удобрений имеет место всплеск развития продуцирующей части биогеоценоза. Этот процесс носит параболический характер, а в течение длительного времени синусоидальный, т.е. он ускоряется от момента воздействия фактора до исчерпания его влияния на процессы роста и развития растения или фитоценоза.

После анализа результатов исследований и производственного опыта по пастбищному и стойловому содержанию животных В.Х. Хотовым и И.В. Кобозевым был разработан новый способ использования культурных пастбищ, который признан изобретением. В травостой культурных пастбищ включаются в основном смеси из верховых бобовых и злаковых трав. В фазу завершения накопления питательных веществ травостой скашивают определенным образом в валки и после подвяливания и обработки специальными до-

бавками скармливают животным. В результате достигаются максимальная урожайность культурных пастбищ, наибольшая поедаемость зеленой массы и увеличение продуктивности животных на 12—15%. При этом в отличие от измельчения массы и ее транспортировки к кормушкам экономия энергии с учетом изменения поедаемости корма составляет более 40%. Одновременно предотвращается уплотнение почвы тяжелой транспортно-уборочной техникой. Благодаря такому способу использования культурных пастбищ в травостое сохраняются бобовые травы, а в почве поддерживаются условия, обеспечивающие максимальную биологическую азотфиксацию. Это способствует достижению замкнутости биогeoценоза азота в экосистеме и хотя бы частичной компенсации данного элемента в системе почва — растение без внесения азотных удобрений.

На крупных откормочных комплексах возникает проблема обеспечения не только замкнутости биогeoхимического цикла, но и экологичности сельскохозяйственного процесса, которая в какой-то степени решается путем использования животноводческих навозных отходов для удобрений и кормовых угодий. Не вызывает сомнения необходимость завоза в ряде случаев на крупные животноводческие комплексы концентратов, произведенных в других районах, однако такие объемные корма, как силос, сено, сенаж, зеленая масса, следует производить на месте. В связи с этим становится необходимым интенсивное кормопроизводство, основанное на внесении высоких доз удобрений и мелниорации сельскохозяйственных угодий.

В опытах кафедры луговодства Тимирязевской академии установлено, что в Нечерноземной зоне для решения

проблемы пастбищного содержания животных и увеличения заготовки сочных и грубых кормов определяющим фактором является внесение удобрений, в то время как орошение можно отнести к приему, стабилизирующему производство кормов, нивелирующему колебания урожайности травостоев по годам и циклам стравливания. Кафедрой луговодства и Отраслевой научно-исследовательской лабораторией (ОНИЛ) технологии и механизации орошения разработан комплексный подход к проведению мелиорации и в том числе орошения, который учитывает не только природно-экологические условия, но и социально-экономические факторы [1, 2, 18]. При этом акцентировалось внимание на улучшении в целом всей агроэкосистемы, всего агроландшафта, поскольку отдельные агротехнические приемы взаимосвязаны. Например, проводя гидромелиорацию, важно учитывать, как влияет она не только на водно-воздушный, но и на пищевую, тепловую и другие режимы, на экосистему не только данного поля, но и на соседние и даже удаленные биогеоценозы.

Опыт ГПЗ «Заря Подмосковья», колхоза «Ленинский луч», АО «Химки» и других хозяйств показал, что при орошении и внесении удобрений сборы зеленой массы на культурных пастбищах достигают 450—550 ц/га, а коэффициент стабильности урожая — 92—95%.

Исследованиями кафедры и ОНИЛ технологии и механизации орошения установлено, что прибавка сухого вещества на 1 м<sup>3</sup> оросительной воды в этой зоне колеблется от 2,5 до 4,0 кг, что в 1,5—2 раза больше, чем в степной зоне. В Нечерноземье засухи обычно не очень продолжительны, для снижения их отрицательного действия иногда достаточно 1-3 поливов нормой

200-350 м<sup>3</sup>/га, чтобы обеспечить резкий скачок урожайности. Для этого нет смысла строить сложные и громоздкие стационарные системы. Нужно пересмотреть всю концепцию орошаемого земледелия. По нашему глубокому убеждению, оно должно базироваться прежде всего на максимальном использовании местного стока, что позволит решить сразу несколько вопросов: во-первых, с оросительной водой вернуть на пастбища и сенокосы вещества, вымытые с окружающих полей и лугов; во-вторых, замедлить эрозионные процессы; в-третьих, уменьшить переброс энергии и вещества на большие расстояния, т.е. снизить влияние на биогеохимические циклы; в-четвертых, удешевить оросительные системы.

Кроме этого, кафедрой луговодства и ОНИЛ технологии и механизации орошения разработана и проверена на практике концепция «передвижного» орошения, осуществляемого с помощью мобильных быстросборных широкозахватных оросительных комплектов на базе шлейфов-трубопроводов и дождевальных шлейфов конструкции Тимирязевской академии, которые защищены более чем 40 авторскими свидетельствами на изобретения [8]. Использование таких комплектов позволяет удешевить орошение в 4—5 раз. В самом начале проявления негативных последствий орошения быстросборные модули можно быстро перебазировать на другой участок, дав «отдых» первому. Затраты труда в расчете на 1 га в этом случае не превышают 1—2 чел.-ч в зависимости от конструктивных особенностей комплектов. В отличие от других систем последние обеспечивают очень высокое качество дождя, интенсивность которого не превышает 0,1 мм/мин и диаметр капель 1,1 мм. Кроме того, при применении быстросборных

дождевальных шлейфов типа ШД-25/300А и передвижных трубопроводов отпадает необходимость в планировке, в уничтожении блюдцеобразных понижений, древесно-кустарниковых полос и куртин, отдельно стоящих деревьев.

Согласно рассматриваемой концепции кафедры луговодства каждый применяемый прием, в том числе орошение, является стресс-фактором для экосистемы. После орошения ощущается временный избыток влаги, задерживающий рост и развитие продуцентов — растений и микрофлоры, затем, как и после любой микрокатастрофы, наблюдается всплеск активности биоты, а затем наступает дефицит влаги, ведущий к перестройке биогеоценоза. Задача мелиоративной агрономической службы — обеспечить такое положение, при котором амплитуда и ареал стрессовой ситуации были бы минимальными, не затрагивали большую совокупность экологических ниш экосистемы, не приводили к микро- и макрокатастрофам.

Установлено, что, в частности, в условиях глубокой гумусированности почв и устойчивого дефицита влаги в степной зоне при орошении верхний послеполивной предел влажности почвы должен быть равным 100% НВ в слое 0-50 см и глубже. В Нечерноземной зоне в слоях 0-30, 0-40 см влажность поливов не должна превышать 90% НВ. Это позволяет оптимально сочетать орошение и естественные осадки без проявления инфильтрационных процессов. Во всех случаях вечерне-ночные поливы дают больший эффект, чем дневные. При дневном дождевании, ведущем к нарушению термопериодизма у растений, важно добиваться того, чтобы нарушение не было глубоким и компенсировалось улучшением влагообеспеченности. В связи с этим уста-

новлены допустимые пределы температуры воды и воздуха, а также влажности последнего для осуществления дневно-дождевания [1].

Как уже указывалось, удобрения являются одним из мощных факторов воздействия на биогеоценозы, поэтому при их внесении следует руководствоваться соображениями не только экономического и агрономического характера, но и экологического.

Важно отметить, что до сих пор химическая промышленность нашей страны практически не выпускает удобрений, адаптированных к кислым почвам Нечерноземной зоны. Практически все удобрения — аммиачная селитра, хлористый аммоний, сульфат аммония, хлористый калий, сульфат калия, суперфосфат и т.д. — подкисляют почву, что требует повторного известкования и обуславливает опасность залповых выбросов в растения и грунтовые воды тяжелых металлов. Необходимо для каждого типа почв выпускать определенный набор туков, обеспечивающий и удобрительный, и мелиоративный эффект.

Другой подход к разработке систем удобрения, в том числе для культурных пастбищ и сенокосов, заключается в том, чтобы за счет максимального использования биологических азотфиксаторов и органических удобрений добиваться снижения доз минеральных удобрений. Однако возможность усиления биологической азотфиксации за счет известкования, внесения биологических, фосфорно-калийных удобрений и микроэлементов не должна заслонять поиск оптимального сочетания минерального и симбиотрофного типов питания травостоев. Например, установлено, что в условиях засоленных почв степной зоны внесение кислых форм азотных удобрений часто даже повы-



шает биологическую азотфиксацию, во всяком случае всегда компенсирует снижение последней. В Нечерноземной зоне применение чилийской ( $\text{NaNO}_3$ ), норвежской ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) и калийной ( $\text{KNO}_3$ ) селитры в меньшей степени подавляет азотфиксирующую способность бобовых, чем другие формы азотных удобрений.

При внесении удобрений происходит стрессовое изменение ситуации в фитоценозе; избыток веществ сменяется их дефицитом и наоборот. Для снижения такого эффекта необходимо дробное и дифференцированное по слоям внесение удобрений, это позволяет повысить коэффициент их использования в 1,2—1,4 раза [7].

Из органических удобрений особого внимания заслуживают животноводческие стоки, применение которых может увеличить урожайность в 1,5-3,5 раза. Вблизи крупных животноводческих комплексов из-за технических и экономических причин обычно происходит их избыточная концентрация. В то же время обеспечение периферийных полей такого рода удобрениями затрудняется в значительной мере из-за удорожания транспорта. Например, в 1987 г. транспортировка навозных стоков с помощью цистерн и прицепов типа РЖТ-9, РЖТ-10 окупалась лишь при расстоянии до 6 км, а в настоящее время — лишь до 2 км.

Более эффективно внесение животноводческих стоков с использованием трубопроводов и оросительных систем. Сотрудниками ОНИЛ технологии и механизации орошения совместно со специалистами совхоза «Искра» Солнечногорского района разработана и испытана технология внесения неосветленных животноводческих стоков, повышающих буферные свойства почвы. Удобрения подаются погружной навесной насосной станцией с S-образ-

ным измельчителем в гибкие мелиоративные капроновые трубопроводы или в трубы РТ-180 и дождевальные шлейфы с модифицированными аппаратами КД-10 «Тимирязевец».

Затраты на перекачивание разжиженного навоза к полям значительно (в 3,5-4 раза) ниже, чем на перевозку того же количества навоза колесным транспортом.

Особый интерес для внесения сточных вод представляют оросительные передвижные комплексы ТСХА, модули которых расположены по координатной шахматной схеме. В этом случае после орошения, проводимого в течение 1-3 лет, каждый модуль за несколько рабочих смен без разборки передвигают на соседний участок, благодаря чему не допускается загрязнение почвенного покрова и грунтовых вод, сокращаются затраты на орошение [13].

В ОНИЛ технологии и механизации орошения разработаны экологически чистый способ применения животноводческих неосветленных стоков и соответствующая машина. По этой технологии перед поливом стоками и после него травостой орошается чистой водой. Контур осадков из воды больше контура дождя из стоков. Разбавление последних происходит в машине. По периферии участка машина подает дождь только из чистой воды. Но самое главное, что все перечисленные операции машина осуществляет синхронно за один проход (над дождем из стоков распыляется чистая вода). Разработка признана изобретением (заявка № 4925406).

При таком поливе предотвращается проскакивание стоков по трещинам в почве, так как она первоначально орошается чистой водой. Стоки разбавляются и смываются с травы, а испарение и улетаивание газов, в том числе азот-

**Эффективность разных способов применения животноводческих стоков крупного рогатого скота на многолетних травах (в среднем за 1986—1989 гг.)**

Показатель	Осветленные разбавленные стоки	Неразбавленные неосветленные стоки + полив чистой водой	Предлагаемый способ по заявке № 4925406
Сбор сухого вещества, ц/га (НСР <sub>05</sub> ,7)	142,0	158,0	164,0
Сбор сухого вещества с учетом поедаемости, ц/га (НСР <sub>05</sub> ,6,2)	114,6	134,9	141,3
Вынос азота поверхностным стоком за пределы делянки за 1 год, кг/га	23,1	18,3	7,2
Затраты на реутилизацию 1 т неосветленных и неразбавленных стоков, коп. (цены 1987 г.)	42	21	19
Себестоимость 1 корм. ед., коп. (цены 1987 г.)	4,7	3,5	3,1
Содержание сырого белка в сухом веществе, %	18,5	18,0	18,6
Вынос азота с поедаемой надземной массой, кг/га	339,2	398,5	421,0
Вынос азота надземной массой травостоя, кг/га	420,3	455,0	488,7
Внесено азота со стоками, кг/га	330,0	345,5	345,0

ных, подавляются дождем из чистой воды. Последний как бы защищает людей и животных от дождя из стоков. Эффективность такого орошения подтверждена экспериментально (табл. 3).

В целом следует отметить, что крупные животноводческие комплексы и фермы создали значительные экологические проблемы.

Например, в колхозе «Октябрь» Кировоградской области в течение нескольких лет животноводческие стоки накапливались в хранилище, выполненном в виде копани до 10 м, которая была расположена на расстоянии 200—250 м от террасы балки, где находился пруд. В результате постепенного промачивания грунта стоками и развития в нем микроорганизмов образовался пльвун. В 1976 г. произошел залповый прорыв стоков в балку и только зарегулированность местного стока прудами позволи-

ла избежать сильного загрязнения нижележащих водоемов по течению р.Бешка. Таким образом, произошло смыкание ряда стрессов и микрокатастроф по вертикали и горизонтали и превращение их в катастрофу целого агроландшафта.

В некоторых регионах, например в Молдове, крупные животноводческие комплексы с гидросмывом навоза оказались источником загрязнения подземных вод. Загрязненная вода из-за каменистого основания с внутригрунтовым стоком попадает в колодцы и ручьи. В этом случае процесс приобретает характер уже подлинной экологической катастрофы регионального характера.

Следует учесть, что стоки крупных животноводческих комплексов часто загрязняются металлами, в том числе тяжелыми, антибиотиками, содой и другими моющими веществами, поли-

мерными материалами, которые при контакте с хлористыми соединениями под действием солнечных лучей могут превращаться в диоксины. Поэтому совершенствование технологий сбора и утилизации отходов животноводческих ферм является важной экологической задачей.

Наиболее рациональным путем реутилизации животноводческих стоков является предложенный нами способ орошения ими культурных пастбищ и сенокосов без осветления, но после обеззараживания. В этом случае соломистая, илистая и коллоидная части жидкого навоза способствуют улучшению агрохимических свойств почвы, повышая ее буферность, увеличивая микробиологическую активность.

Таким образом, при создании новых, экологически безвредных технологий необходимо учитывать требования не только какого-то отдельного элемента агроэкосистемы, но и всей совокупности биогеоценозов.

Внесение животноводческих стоков на культурных пастбищах под каждое отрастание, т.е. 4-6 раз за сезон, позволяет, во-первых, избежать накопления больших масс жидкого навоза, во-вторых, предотвратить стрессовые ситуации в фитоценозе, не допустить создания условий для превращения стрессов в микрокатастрофы и даже в мега- и макрокатастрофы.

Пропашные культуры в полевых опытах также показали высокую отзывчивость на применение неосветленного жидкого бесподстильного навоза, внесимого РЖТ-9. Однако во время вегетации применение такого навоза становится невозможным, поскольку требуется разрушение кольматированного илистой фракцией слоя, которое затруднено из-за смыкания рядков или большой высоты растений.

Необходимо отметить, что внесение животноводческих стоков с помощью РЖТ-9, РЖТ-16 и тяжелых тракторов Т-150К, К-700, особенно в весенний и осенний периоды, часто вызывает сильное уплотнение почвы и образование глубоких следов, разрушение пахотного горизонта.

### **Организация кормопроизводства в фермерских хозяйствах**

Кормопроизводство в фермерских хозяйствах целесообразно организовывать по принципу замкнутого цикла с максимальным использованием биологической азотфиксации и естественных угодий, в том числе мелкоконтурных. В условиях фермерского хозяйства применение минеральных удобрений, разных способов использования кормовых угодий и других элементов агротехники легче дифференцировать по элементам рельефа, однако для этого необходима хорошая обеспеченность малогабаритной техникой и приспособлениями, облегчающими труд. В этих условиях целесообразно создавать многолетние луговые фитоценозы, поскольку луг требует не столько работы, сколько заботы. Полевое же кормопроизводство предполагает освоение укороченных севооборотов с включением многолетних и однолетних трав, зерновых культур.

При наличии прудов можно организовать орошение на местном стоке с применением быстросборных дешевых оросительных комплектов на базе малогабаритных дождевальных шлейфов ШДК-10/300, разработанных в Тимирязевской академии.

При создании культурных пастбищ необходимо учитывать, для какого вида и поголовья животных они предназначены. Во всех случаях целесообразно

использовать простейшие передвижные изгороди для организации системной пастбы. Крупный рогатый скот можно выпасать уже в год посева трав, а овец и лошадей — только по хорошо сформированному травостою, когда в узлах кущения и корневищах накопится достаточное количество питательных веществ.

Определение воздействия разных машин и животных на почвогрунты показало, что удельное давление на почву копыт коров почти такое же, как и у трактора. Однако в первом случае идет только локальное (точечное) кратковременное уплотнение верхнего слоя почвы, который быстро приходит к равновесной плотности. Тяжелая техника производит практически сплошное воздействие на почвогрунты, что вызывает уплотнение подпочвенных слоев, у которых порозность и сложение восстанавливаются очень медленно. Наименьшее удельное давление на почву оказывают лошади, однако при создании левад необходимо учитывать, что животным этого вида требуется свободное перемещение, последнее же приводит к относительно быстрому вытаптыванию травостоя при «глубоком» его стравливании.

### **Интеграция полевого и лугового кормопроизводства**

Исторически сложилось так, что в России земледелец прежде всего заботился о выращивании зерновых, хотя и травосеянию, а также правильному, рациональному использованию естественных лугов в свое время уделялось должное внимание, поскольку луга отнимали меньше труда и составляли основу ведения животноводства.

После организации колхозов и совхозов развитие сельского хозяйства

определялось жестко централизованной государственной политикой, основу которой составляло непереносное увеличение производства, в первую очередь зерна и технических культур. Рациональному использованию лугов и пастбищ практически не придавалось большого значения, что, как правило, приводило к перерасходу зернофуража.

Правильное ведение кормопроизводства, ориентированное на развитие и рациональную интенсификацию и лугопастбищного хозяйства, и полевого травосеяния, на введение в кормовой севооборот высокоурожайных, ценных в кормовом отношении силосных культур и их смесей, а также на совершенствование всей технологической цепочки — возделывание, заготовка, хранение, скармливание кормов, при новом хозяйственном механизме позволит привести в норму потребление зернофуража в животноводстве и увеличить эффективность самого кормопроизводства.

Для рационального использования природных кормовых угодий в оптимизированных агроландшафтных системах необходимо в комплексе рассматривать потенциал природных ресурсов (климат, почву, состояние естественной растительности) во взаимосвязи с культурой луговодства, потребностью в продукции растениеводства с учетом перспективных направлений специализации и интенсификации животноводства, ресурсным обеспечением потребностей кормопроизводства и луговодства, формой организации сельскохозяйственного производства.

Для практической деятельности важно знание того, как происходит обмен веществ и энергии между лугом и пашней. С луга изымается урожай, а возврата веществ в виде навоза, как правило,

не происходит, поскольку навоз вносят на пашню. На заливных лугах частичная компенсация веществ возможна за счет отложения ила, смываемого с окружающих полей и естественных угодий, в том числе и при эрозионных процессах. Частичная компенсация изъятых веществ идет за счет усиления биологической азотфиксации и перевода фосфора, калия и т.п. из неусвояемых форм в усвояемые, так как гомеостатические процессы в почве направлены в сторону компенсации изъятия соединений [12]. Однако при обмелении рек и закрытии эрозионных процессов наблюдается невосполнимая перекачка вещества с лугов, особенно материковых, на пашню. Поэтому для увеличения продуктивности любого участка луга или пашни необходимо обеспечить замкнутость биогеохимического цикла и перевести его на более высокий количественный уровень. Последнее достигается не только внесением удобрений, но и созданием соответствующего водно-воздушного режима, фитоценоза интенсивного типа и т.д., т.е. ускорением биохимического обмена в системе почва — растение.

Перевод агроэкосистемы на более высокий продукционный уровень связан, как правило, с потерей части энергии, затрачиваемой на этот процесс, что согласуется с законом термодинамики — КПД любого энергетического процесса не может быть равным 1, так как процессы, происходящие в той или иной системе, сопровождаются увеличением энтропии. Короче говоря, повышение энергетических затрат на производство продукции ведет к неизбежному тепловому загрязнению окружающей среды. Вместе с тем при этом возможно улучшение роста биомассы, т.е. возможно связывание рассеянной в пространстве энергии, что нивелирует тепловое загрязнение.

Замкнутость биогеохимического цикла в какой-то мере достигается при интегрировании лугового и полевого кормопроизводства, которое позволяет органически сочетать интересы человека, возможности фитоценоза, деятельность естественной фауны и потребности животноводства.

Анализ производственного опыта ряда хозяйств Нечерноземной зоны и модельные опыты показали, что в крупных хозяйствах (колхозах, совхозах) при стаде в 500-2000 дойных коров удои 2000-2500 кг могут быть получены в условиях экстенсивного использования естественных сенокосов и пастбищ и пашни без добавления в рацион животных концентратов, содержания их летом на естественных пастбищах, а зимой при кормлении скота злаковым и естественным сеном и силосом. Для повышения продуктивности коров до 3000-3500 кг молока в их рацион необходимо вводить высококачественные бобово-злаковое сено, сенаж и силос бобовых трав, а летом содержать хотя бы частично на улучшенных пастбищах. Для получения удоев свыше 3500 кг коровы летом должны содержаться на высокопродуктивных культурных пастбищах, а в их зимний рацион необходимо вводить высококачественные концентрированные корма. При средней продуктивности коров более 4500 кг подкормка концентратами и другими кормами желательна и в летний период, однако это ведет к ухудшению использования пастбищного корма. При средних удоях более 5000 кг в крупных хозяйствах, как показал опыт ГПЗ «Заря Подмосковья», целесообразно переходить на полустойловое содержание животных, на использование пастбищной травы в скошенном и подвяленном виде. При полустойловом содержании первую половину дня животные пасут-

ся, а вторую содержатся на скотных дворах и получают не только зеленую массу, но и концентраты. В крупных хозяйствах при средней продуктивности коров 5000—7000 кг зимнее их кормление должно основываться на использовании высококачественного силоса с содержанием сухого вещества не менее 25% (и кормовых единиц не менее 0,25), бобового сенажа, злаково-бобового сена и введении в рацион 25—35% хороших концентратов.

В хозяйствах с поголовьем 500—3000 дойных коров увеличение молочной продуктивности до 4000 кг и выше часто связано с некоторым уменьшением рентабельности производства молока, но в то же время сопровождается ростом общего валового дохода. При уровне продуктивности 6000–7000 кг возникает опасность снижения доходности производства.

На мелких фермах с поголовьем 5—20 высокоудойных, специально отобранных коров рост рентабельности и доходности производства молока наблюдается и при удоях более 10000 кг. На таких фермах удой 5000 кг молока получают и без введения в рацион концентрированных кормов. Здесь обеспечиваются наиболее рациональное использование кормов, возможностей фитоденнозозов и более замкнутый биохимический цикл. Однако экономическая эффективность мелкого фермерского производства связана в основном с интенсификацией труда и возможна лишь в случае хорошо налаженного агросервиса.

В крупных производственных объединениях (колхозах, совхозах, акционерных обществах) достигаются наиболее рациональное использование техники и максимальная производительность труда, повышаются возможности более полной механизации ферм.

Однако и в этих условиях необходимо оптимизировать размеры структурных подразделений, не допустить уничтожения небольших ферм, обеспечивающих хорошее использование естественных сенокосов и пастбищ и мелкоконтурных полей. В таких хозяйствах можно организовать переработку мяса и молока и длительное хранение продукции, что позволит избежать чрезмерного давления на сельскохозяйственное производство инфляционных процессов.

## Выводы

1. С целью повышения экологичности агротехнических и мелиоративных приемов и способов ведения сельского хозяйства необходимо оценивать их влияние на круговорот вещества и энергии в агроэкосистеме и в биосфере в целом.

2. Деятельность человека должна быть направлена не столько на улучшение условий роста растений, сколько на увеличение продукционной способности агроландшафта, при этом необходимо учитывать ее влияние на вертикальные и горизонтальные связи между элементами последнего.

3. Каждый антропогенный фактор (осушение, орошение, удобрение, скашивание и т.д.) можно рассматривать как своеобразную стрессовую ситуацию. Применение такого рода факторов не должно приводить к резким колебаниям параметров окружающей среды, смыканию стрессов и микрокатастроф на разных экологических нишах, действию их на широком пространстве и длительном отрезке времени. В противном случае может произойти перерастание стрессовых ситуаций в мезо- и макрокатастрофы в экосистеме или даже в биосфере.

## ЛИТЕРАТУРА

4. При создании крупных откормочных животноводческих комплексов возникает проблема утилизации стоков и обеспечения замкнутости биогеохимического цикла в агроэкосистемах. Наиболее рациональным способом внесения животноводческих стоков является транспортировка их по трубам и орошение ими культурных сенокосов и пастбищ по технологии, обеспечивающей применение жидкого навоза без осветления, при разбавлении его в дождевальной машине и создании над дождем из стоков объемного распыления чистой воды.

5. Необходимо производство таких удобрений, которые обладали бы одновременно и мелнирирующим эффектом.

6. Для наиболее рационального использования естественных кормовых угодий, особенно мелкоконтурных, важна организация небольших животноводческих ферм. Пастбищное содержание скота в летний период как на крупных, так и на мелких фермах облегчает достижение замкнутости биогеохимического цикла.

7. В современных условиях необходимо более полный и тщательный химический мониторинг, особенно по содержанию тяжелых металлов в почве и растениях, независимо от месторасположения сельскохозяйственных угодий, поскольку отмечается пятнистое распределение веществ на местности в пределах даже небольшого региона.

8. С целью обеспечения устойчивого развития кормопроизводства необходима интеграция луговодства и полеводства в единой системе ландшафтного земледелия, что обеспечивает замкнутость и перевод на более высокие энергетические уровни биохимических циклов как на полях, так и на лугах.

1. Алтунин В.С., Рассолов Б.К., Трубин А.И., Шуваев В.А., Кобозев И.В. и др. Рекомендации по мелниративному освоению и использованию земель под сенокосы и пастбища. М.: Союзводстрой, 1989. — 2. Андреев Н.Г., Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Лазарев Н.Н. Рекомендации по созданию и использованию высокопродуктивных сенокосов и пастбищ в Нечерноземной зоне РСФСР. М.: МСХА, 1991. 3. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: АН СССР, 1965. — 4. Вернадский В.И. Биосфера. М.: АН СССР, 1967. — 5. Камшилов М.М. Эволюция биосферы. 2-е изд. М.: Наука, 1979. — 6. Кобозев И.В. Водный и пищевой режимы люцернового и люцернозлаковой травостоев при орошении и удобрении. Изв. ТСХА, 1980, вып. 6, с. 38-49. — 8. Кобозев И.В., Маркварте В.М. Основные положения концепции конструирования современных дождевальных аппаратов. — Изв. ТСХА, 1993, вып. 1, с. 10-25. 9. Ковда В.А. Биосфера, почвы и их использование. — Матер. X Междунар. конгр. почвоведов. М.: АН СССР, 1974. — 10. Ковда В.А. Биогеохимические циклы в природе и их нарушение человеком. М.: АН СССР, 1976. — 11. Ковда В.А. Биосфера, тенденции ее изменения и проблемы сельского хозяйства. — В кн.: Социальные аспекты экологических проблем. М.: Наука, 1992. — 12. Максимов В.М., Кобозев И.В. Накопление гумуса и общего азота в почве под люцерной, люцернозлаковой травостоем в зависимости от орошения и внесения удобрений. — Тр. ТСХА. Органическое вещество почвы. 1993, с. 107-117. — 13. Метельский З.И., Кобозев И.В., Хейддорф И.К. Быстросборная передвижная дождевальная система. — Авт. свид. № 1630689, 19.10.88. — 14. Митрошкин К.П. (ред.) Охрана природы. Справочник. 2-е изд. М.: Наука, 1987. — 15. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. Воздействие человека на

биосферу / Пер. с франц. М.: Наука, 1981. — 16. *Савич В.И., Докучаева Т.И.* Биологически активные поля трав и их влияние на развитие сельскохозяйственных культур и состояние биогеоценозов. — Изв. ТСХА, 1993, вып. 1, с. 56-69. — 17. *Сельскохозяйственный энциклопедический словарь.* М.: Сов. энцикл., 1989, с. 373. — 18. *Тюльдюков В.А., Кобозев И.В.,*

*Лазарев Н.Н.* Концептуальная модель адаптивного лугового кормопроизводства в системе земледелия. — Изв. ТСХА, 1993, вып. 3, с. 29-45. — 19. *Яблоков А.В., Остроумов С.А.* Уровни охраны живой природы. М.: Наука, 1985.

*Статья поступила 10 августа 1993 г.*

## SUMMARY

Results of generalization of experimental research in arranging fodder production on different farms are discussed. Conception and systems of ecologically safe application of runoff from livestock farms on agricultural lands are developed. They are based on the fact that all the connections should be considered not only in regional but also in global biogeochemical cycle; they also take into consideration social and economical conditions and requirements of the society. It is suggested to consider the effect of different factors on elements of ecosystem as distinct stresses or catastrophes differing in level, duration, direction, the object of action and the result.