

SHEVCHENKO V. A., GUBIN V. K., KUDRYAVTZEVA L. V. Ways to reduce the content of radioactive cesium in the soil

The article contains an analysis of measures to reduce the level of agricultural land, contamination with cesium 137 radionuclides. Organizational measures carried out in the Republic of Belarus and on contaminated lands on the territory of the Bryansk region are examined. The article describes the most tested technologies used to reduce radionuclide intake in agricultural products, the norms for lime and mineral fertilizers are reviewed. The sequence of grain crops is given, in descending order of cesium 137 transition factors. An analysis of new technical solutions aimed at moving cesium 137 beyond the root zone of the soil or its complete removal is given.

УДК 631.57+631.6

Иванов Д. А.**ОПТИМИЗАЦИЯ СООТНОШЕНИЯ ЛУГА, ЛЕСА И ПАШНИ В АГРОЛАНДШАФТАХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ**

Введение. Выбор правильного соотношения луга, леса и пашни позволяет оптимизировать основные агроландшафтные процессы (баланс тепла и влаги, миграцию элементов питания, интенсивность и направленность поверхностного стока и т. д.), создать благоприятную обстановку для произрастания культур и проведения технологических операций, а также эстетически привлекательный облик местности. До середины 80-х годов в нашей стране господствовал экономикотехнологический подход к определению структуры угодий. По мнению И. П. Стафийчука: "... у нас сейчас нет параметров оптимальной структуры земельных угодий и даже методики ее установления" [1].

Идеи микрорайонирования сельскохозяйственных территорий высказывались уже в ландшафтно-географической концепции В. В. Докучаева [2]. Крупный шаг в этом направлении сделал Л. Г. Раменский [3], выделив "типы земель", приуроченные к одинаковым условиям произрастания растений. По мнению А. М. Лыкова, И. С. Кауричева и др. [4], оценка соотношения площадей автономных, переходных и аккумулятивных ландшафтов позволит объективно определить необходимое сочетание площадей основных угодий: луга, леса и пашни.

В данной статье освещаются методические подходы к определению соотношения луга, леса и пашни в наиболее типичных ландшафтных условиях Нечерноземной зоны России (крупнохолмистых равнин на моренных суглинках, «ополей» – моренно-эрозийных равнин на пылеватых суглинках и «полесий» – плоских песчаных равнин), на основе анализа особенностей их микрорландшафтного устройства и адаптивных реакций растений на параметры угодий.

Полученные результаты и их обсуждение

Исследование структуры агроландшафтов. Первым этапом оптимизации структуры угодий является изучение особенностей микрорландшафтного устройства агроэосистем (АГС). Для реальных хозяйств предложены методы ландшафтного анализа, широко известные в литературе [5, 6]. Для модельных АГС разработаны альтернативные способы изучения ландшафтной структуры, основанные на выборе специальных «ключевых» участков при использовании картографических и литературных материалов. На основе полученных результатов дается характеристика морфологической структуры агроэосистем, основными параметрами которой являются усредненные значения площадей элементарных геохимических ландшафтов (ЭГЛ). Выделяются основные типы ЭГЛ: 1. Элювиальные (Э), расположенные на вершинах холмов и характеризующиеся нисходящим током воды и питательных веществ. Баланс вещества здесь отрицательный. 2. Транзитные (Т) – занимающие склоны холмов и гряд. Их отличительной особенностью является латеральный (параллельный поверхности) перенос воды и питательных веществ. Баланс вещества здесь, в случае отсутствия эрозийных процессов, близок к нейтральному. 3. Аккумулятивные (А) – встречающиеся в межхолмных депрессиях и пониженных местах. Основной геохимический процесс здесь – аккумуляция воды и питательных веществ из грунтовых и намывных вод. Баланс вещества в этих местоположениях, как правило, положительный.

При характеристике природной среды ЭГЛ, с целью определения их лимитирующего воздействия на продукционный процесс культур, прежде всего, учитываются факторы, положенные в основу их агроэкологической классификации [7]. Характеристика дается на основе

анализа полевых данных, литературных, фондовых и статистических материалов. Основными источниками информации являются почвенные и агрохимические карты хозяйств, агрометеосправочники, данные институтов системы гипроземов и гипроводхозов. На основе полученной информации проводят анализ производственного потенциала основных типов ЭГЛ и определяют характер потенциального распределения угодий в пределах изучаемой территории, зависящий от наиболее вероятного направления эксплуатации изучаемых ЭГЛ. Так, например, вершины холмов и верхние части склонов в пределах крупнохолмистых равнин (Э и Э-Т) возможно отводить под пашню, однако пространства элювиально-аккумулятивных (Э-А) ЭГЛ, занятые заболоченными почвами, здесь рекомендуется использовать под сенокос. Транзитные местоположения в этих АГС пригодны в основном под пастбищное использование, вследствие сильной закаменности почв, а транзитно-аккумулятивные (Т-А) – под сенокосное, так как более влажные почвы быстро разрушаются от перевыпаса. В аккумулятивных ЭГЛ не заболоченные безлесные пространства могут быть использованы под пастбища.

Определение «потенциальной» структуры агроландшафтов.

На основе сопоставления данных по средним площадям ЭГЛ и особенностей потенциального распределения угодий определяют «потенциальную» структуру угодий агроэосистемы, под которой понимается соотношение максимально возможных площадей угодий, обусловленное генетическими особенностями агроландшафтов (свойствами рельефа, пород, почв и т. д.) и его морфологической структурой (табл. 1).

Хотя «потенциальная» структура является гипотетической конструкцией, так как предполагает полное использование территории АГС в сельскохозяйственном производстве, на ее основе можно сделать некоторые предварительные выводы о направленности использования генетически различных территорий. Так, например, исследованные геокомплексы существенно не различаются по максимально возможной площади пашни, в то время как на характер распределения лугопастбищных угодий специфика геосистем оказывает заметное влияние. Если в пределах крупнохолмистых равнин на двучленных отложениях наблюдается практическая равновеликость площадей сенокосов и пастбищ, то в опольных (на покровных суглинках) агроландшафтах пастбищные угодья распространены на небольшой площади, вследствие сильной склонности этих АГС к эрозии, суффозии и заболочиванию и слабой устойчивости к перевыпасу.

Процесс оптимизации структуры угодий. Процесс оптимизации структуры угодий может протекать по нескольким направлениям, дополняющим друг друга:

При проведении «ландшафтно-производственной» оптимизации исходят из параметров «потенциальной» структуры угодий. При учете доли и характера расположения лесов, болот и прочих несельскохозяйственных территорий, а также специализации хозяйства, на ее основе можно получить «оптимальную» структуру угодий. Параметры «оптимальной» структуры определяются путем анализа агроландшафтных карт хозяйств, природных характеристик основных микровыделов, а также характера производства сельскохозяйственной продукции в данном хозяйстве.

Таблица 1 – Площади подтипов ЭГЛ, особенности их эксплуатации и параметры «потенциальной» структуры угодий в различных агрогеосистемах

Тип агроландшафтов (ТА), «потенциальная» структура угодий		Средние площади и особенности использования типов ЭГЛ					
		Э	Э-А	Э-Т	Т	Т-А	А
Крупнохолмистые ТА		5.6	9.4	30.0	31.0	21.0	2.0
Пашня	20.3	*	*	*			
Сенокос	35.7		*	*		*	
Пастбище	43.0			*	*		*
«Опольные» ТА		4.0	20.0	15.0	35.6	23.6	1.4
Пашня	21.5	*	*	*			
Сенокос	76.7		*	*	*	*	
Пастбище	1.4						*
«Полесские» ТА		9.3	1.8	45.0	0.0	30.0	13.2
Пашня	23.4		*	*			
Сенокос	60.0			*		*	*
Пастбище	7.5		*				*

(*) – индекс, обозначающий наиболее вероятную направленность использования местоположения

Таблица 2 – Параметры «адаптивной» структуры угодий для конкретных культур

Культура	Параметры структуры угодий			
	Пашня, %	Сенокос, %	Пастбище, %	Не с-х. территории, %
Группа крупнохолмистых ТА				
Картофель	30.0	15.0	>6.0	50.0
Зерновые	20/0	6.0	8.0	60.0
Лен	17.0	6.0	10.0	67.0
Мн. травы	17.0	5.0	12.0	66.0
Группа «опольных» ТА				
Картофель	-	8.0	7.0	-
Зерновые	40.0	6.0	15.0	39.0
Лен	17.0	8.0	13.0	62.0
Мн. травы	25.0	8.0	15.0	52.0
Группа «полесских» ТА				
Картофель	35.0	10.0	15.0	40.0
Зерновые	>20.0	5.0	13.0	35.0
Лен	30.0	10.0	10.0	30.0
Мн. травы	-	10.0	10	30.0

(-) – отсутствие зависимости между параметрами угодья и урожайностью

В режиме «ландшафтно-экологической» оптимизации, кроме «потенциальной», производится расчет параметров «адаптивной» структуры угодий, на основе статистического (мультирегрессионного) анализа зависимости продуктивности сельскохозяйственных культур от площадей угодий в представительных хозяйствах. В процессе ее определения рассчитываются также парные полиномы, описывающие зависимость урожайности культуры от параметров угодий. Оптимальными считаются значения параметров угодий, соответствующие максимальной урожайности культуры. Точки перегиба кривой ограничивают оптимальные или критические интервалы значений параметров угодий. В случае получения графика функции, близкой к линейной, определяется только общий характер зависимости продуктивности от параметров угодий. При прямо пропорциональной зависимости увеличение площади угодья способствует повышению урожайности, при обратно пропорциональной – снижению. Эта структура отражает только требования культур к пространственному устройству ландшафта (табл. 2).

Взаимосвязь вариабельности доли пашни и урожайности культур обусловлена тем, что на мелких обрабатываемых участках растения больше страдают от сорняков, чем на крупных. В их пределах затруднительно применять интенсивные приемы обработки почв, химизации и защиты растений. Когда доля пашни в хозяйстве превышает определенную норму, усиливаются процессы деградации почвенного покрова – эрозия, заболачивание, минерализация гумуса и т. д. При оптимальной доле пашни в хозяйстве в большинстве случаев наблюдается максимальная урожайность культуры, так как создается наиболее удачное сочетание агроэкологических и производственных факторов для ее возделывания.

Влияние вариабельности доли сенокосов на урожайность культур можно объяснить тем, что, с одной стороны, они оказывают благоприятное воздействие на гидрологический и термический режим агроландшафта, способствуют накоплению гумуса в почвах, улучшению почвенной структуры и т. д., а с другой, являются источником сорняков. Оптимальная доля сенокосов благоприятно воздействует на микроклимат и почвенное плодородие и не приводит к интенсивному засорению полей. Пастбища, по своему агроэкологическому воздействию, близки к сенокосам, однако, в этом случае добавляется фактор выпаса. Интенсивный выпас приводит к деградации не только луговых угодий, но и всего агроландшафта, что сказывается на урожайности многих культур. Суммарная доля пастбищ и сенокосов составляет луговые угодья хозяйства. Кроме влияния на энергетику и гидрологию ландшафта, они являются источниками органического вещества, поступающего в виде навоза на поля. Расчет параметров «адаптивной» структуры по севооборотам в модельных условиях проводится в ходе определения среднеарифметических значений параметров «адаптивной» структуры отдельных культур.

«Оптимальная» структура угодий определяется в результате сопоставления параметров «адаптивной» и «потенциальной» структур. Сначала рассчитывается соотношение площадей пашен «адаптивной» и «потенциальной» структур, которое является коэффициентом пересчета площади угодий. При условии близких значений этих параметров, что имеет место в крупнохолмистых агроландшафтах, «адаптивная» структура угодий, при разработке «оптимальной», не подвергается значительной коррекции. В «опольных» ландшафтах отношение площади «потенциальной» пашни, к площади «адаптивной» равно 0.8. Это значение является коэффициентом пересчета площадей всех угодий. При этом изменение их площадей не приводит к трансформации соотношений луга, леса и пашни.

Таблица 3 – Значение параметров «потенциальной», «адаптивной» (по севооборотам) и реально сложившейся структур угодий в различных группах ТА

Структура /севообороты	Параметры структуры угодий			
	Пашня %	Сенокос %	Пастбище %	Не с-х территории %
Крупнохолмистые агроландшафты				
Потенциальная	20.3	35.7	43.0	
«Адаптивная»/Плодосменный	21.0	8.0	7.0	64.0
«Адаптивная»/Зернотравяной со льном	18.0	6.0	10.0	66.0
Сложившаяся	27.0	7.0	8.4	56.0
Опольные агроландшафты				
Потенциальная	21.5	76.7	1.4	
«Адаптивная»/Плодосменный	27.0	7.5	12.5	53.0
«Адаптивная»/Зернотравяной со льном	27.0	7.0	14.0	52.0
Сложившаяся	34.0	5.4	10.8	47.5
Полесские агроландшафты				
Потенциальная	23.4	60.0	7.5	
«Адаптивная»/Плодосменный	28.0	9.0	12.0	51.0
«Адаптивная»/Зернотравяной со льном	25.0	8.0	11.0	56.0
Сложившаяся	24.5	8.3	9.4	56.8

В тех случаях, когда в пределах агроландшафта невозможно выделить достаточно площади под какой-либо вид луговых угодий проводится уточнение доли сенокосов и пастбищ. Так в «опольных» ландшафтах площади, пригодные под пастбища, не превышают 1.5 %, в то время как для адаптации культур пастбища должны занимать 12–14 % всей площади АГС. В таком случае под культурные пастбища необходимо отводить все пригодные площади, а дефицит органических удобрений восполнять за счет выпаса скота на залежах и в лесах. Путем деления недостающей доли пастбищ на площадь не сельскохозяйственных территорий можно вычислить, что при использовании плодосменных севооборотов в этой группе типов агроландшафтов 12% площади, не занятой под сельскохозяйственные угодья (леса, кустарники, залежи и т.д.), необходимо отводить под выпас скота (табл. 3).

Как видно из таблицы, параметры «адаптивной» структуры, как правило, резко отличаются от «потенциальной». Растения, в основном, «требуют» значительно большей доли пашни, чем может «позволить» ландшафт. Это можно объяснить тем, что при увеличении площади пашни выше максимально допустимых экологических норм, с одной стороны провоцируются деградационные процессы, а с другой возникает возможность максимально полного применения современных технологий выращивания культур. Это приводит к «затушеванию» последствий негативных процессов. Однако дальнейшее увеличение пашни приводит к тому, что выигрыш от технологии уже не компенсирует вреда, наносимого деградационными процессами, и урожайность культур резко падает. Поэтому, ориентируясь только на «адаптивную» структуру угодий, можно, получая хорошие урожаи, нанести существенный вред ландшафту и плодородию почв. Следует отметить, что в группе «полесских» ТА наблюдается наибольшее соответствие между видами структур, в то время как в крупнохолмистых, и особенно в «опольных» агроэcosystemах, доли пашни превышает не только ландшафтные нормативы, но и требования культур.

Структурный метод оценки степени деградации сельскохозяйственных земель. Сопоставление параметров «адаптивной» и «потенциальной» структур агроландшафта позволяет определить экологические границы устойчивости территории к антропогенному прессу. Так, если в пределах хозяйства доля пашни не превышает «потенциального значения», а расположение ее в основном совпадает с «потенциальным», можно говорить о том, что слагающие его геокмплексы находятся в состоянии устойчивого экологического равновесия. Когда доля пашни превышает «потенциальную норму», но не превышает «адаптивных значений», можно говорить о неустойчивом экологическом равновесии в агроландшафте. Оно может поддерживаться только путем затраты дополнительной антропогенной энергии. При превышении доли пашни значения «адаптивного параметра», в ландшафте протекают необратимые деградационные изменения.

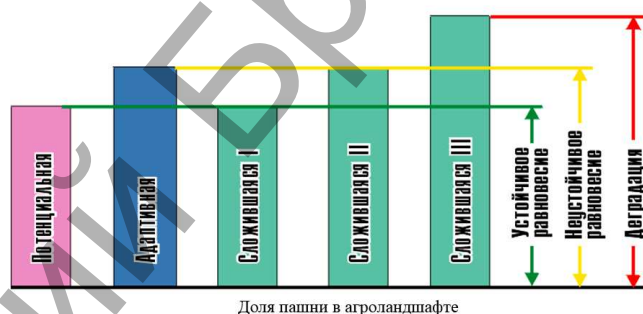


Рисунок 1 – Структурные критерии деградации природной среды агроландшафтов

Заключение

1. Структура соотношения луга, леса и пашни в пределах агроландшафта является его основной агропроизводственной характеристикой. Ее оптимизация приводит к затуханию деградационных процессов в ландшафте и к достижению его экологически обоснованной продуктивности.
2. Основой процесса оптимизации структуры угодий является изучение морфологического строения типичных агроландшафтов Нечерноземья и адаптивных реакций сельскохозяйственных растений на изменение доли основных угодий в пределах конкретной территории.
3. Сопоставление значений реально сложившейся структуры угодий конкретной территории с параметрами «потенциальной» и «адаптивной» структур позволяет оценить степень подверженности агроландшафта деградационным явлениям.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стафийчук, И. Д. Каким быть землеустройству // Земледелие. – № 7. – 1989. – С. 14–19.
2. Докучаев, В. В. Избранные сочинения. – М.-Л. : Сельхозгиз, 1954. – 780 с.
3. Раменский, Л. Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. – М. : Сельхозгиз, 1938. – 520 с.
4. Лыков, А. М. Современные системы земледелия. Послесловие к дискуссии / А. М. Лыков, И. С. Кауричев, М. И. Сидоров, М. А. Глазовская // Земледелие. – № 10. – 1990. – С. 24–29.
5. Видина, А. А. Практические занятия по ландшафтоведению / Метод. пособие для геогр. ф-тов университетов. – М. : МГУ, 1974. – 84 с.
6. Пашканг, К. В. Комплексная полевая практика по физической географии / К. В. Пашканг, И. В. Васильева, Н. А. Лапкина, С. Г. Любушкина, Г. И. Рычагов – М. : Высшая школа, 1986. – 208 с.
7. Иванов, Д. А. Ландшафтно-адаптивные системы земледелия (агроэкологические аспекты). – Тверь : Чудо, 2001. – 304 с.

Материал поступил в редакцию 04.02.2019

The paper describes the principal provisions of the method of optimizing the ratio of land in different types of agricultural landscapes of non-Chernozem zone of Russia. Structural criteria for assessing the degree of degradation of the natural environment of agricultural systems are described.

УДК 628.381

Белов С. Г., Дмухайло Е. И., Новосельцева А. Г.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АЭРОБНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД С ИХ ПОЛЕДУЮЩЕЙ УТИЛИЗАЦИЕЙ

Введение. В области очистки сточных вод наиболее значительное место, как по стоимостным, так и объемным показателям занимает переработка и ликвидация осадков сточных вод (ОСВ), с целью обеспечения определенной степени их концентрирования, стабилизации, окончательного уплотнения и обеззараживания. После этого осадки могут быть дополнительно обезвожены и депонированы или перерабатываться методом вермикомпостирования в смеси с другими органическими и твердыми отходами с целью получения биогаза и биомассы дождевых червей, при условии исключения токсичности и других санитарно-технических рисков.

Значительный объем жидких ОСВ накапливается на первичной стадии отстаивания, а остальные обусловлены приростом биомассы за счет биологического окисления углеродосодержащих компонентов сточных вод.

Необходимо учитывать, что в действительности не существует никакого обобщенного «сырого осадка», а имеется целый ряд осадков в виде различных суспензий с содержанием твердых компонентов от 0,5 до 10%, обусловленными их различными характеристиками и степенью обработки.

Стабилизация осадков достигается путем разложения органической его части до простых соединений в аэробных или анаэробных условиях. Эффект стабилизации ОСВ может быть получен различными методами – биологическим, химическим, физическим, а также их сочетанием. Основными расчетными параметрами процесса являются продолжительность стабилизации и расход воздуха. Наибольшее распространение получили методы биологической анаэробной и аэробной стабилизации. При небольших количествах осадков применяются септики, двухъярусные отстойники и осветлители-перегнватели, в которых процесс разложения органики происходит экстенсивно под влиянием внешних условий. Интенсивный процесс минерализации требует специальных условий, обеспечивающих их общее масштабирование и оптимизацию работы всех его стадий. Для его осуществления применяют аэробные стабилизаторы (минерализаторы) и метантенки. Так как в результате аэробного окисления выде-

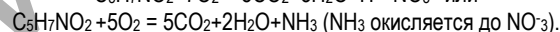
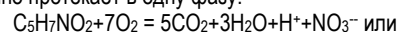
ляется больше энергии, чем при анаэробном сбраживании, аэробный процесс является более скоростным, чем анаэробный [1]. Сравнительная характеристика этих процессов приведена в таблице 1.

Описание процесса. Процесс аэробной стабилизации (АС) осадков заключается в окислении органической части осадка микроорганизмами в присутствии растворенного кислорода воздуха при аэрации в течение нескольких суток в специальных резервуарах. Целью АС является предотвращение загнивания осадка, сопровождающего неприятными зловонными выбросами при одновременном сокращении числа патогенных микроорганизмов.

Обычно для АС используют прямоугольные или круглые резервуары, оборудованные по типу аэротенков различными аэраторами (пнеumo, механическими, гидромеханическими, струйными). АС обычно работает в непрерывном режиме, в периодическом режиме – на сооружениях небольшой производительности.

Процесс АС осадка подобен очистке сточных вод в аэротенках активным илом, который интенсивно растет, наращивая биомассу, за счет имеющего питательного субстрата, а затем самоокисляется, образуя один вид осадка.

АС обычно протекает в одну фазу:



Однако NH₃ может соединяться с CO₂, образуя бикарбонат аммония, при этом щелочность повышается. Первая реакция связана с образованием нитратов и увеличением кислотности, снижение pH может сопровождаться ингибированием нитрифицирующих бактерий.

Обычно АС применяется для обработки избыточного активного ила, так как для стабилизации осадка первичных отстойников требуется большая продолжительность и большее количество кислорода, чем для активного ила.

Продолжительность стабилизации смеси активного ила с осадком первичных отстойников зависит от количества питательного субстрата и степени его распада. Процесс продолжается до истощения субстрата. Отстаивание и уплотнение аэробносброженных

Таблица 1

Наименование	Аэробные стабилизаторы	Метантенки
Продукты распада	CO ₂ , H ₂ O, NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺ , H ₂ O, CH ₄ , CO ₂
Энергия, доступная бактериям (на 1 моль глюкозы, Дж.)	2721	146
Скорость распада	выше	ниже
Уменьшение беззольного вещества	меньше	больше
БПК ₅ иловой воды, мг/л	50-500	500-3000
Отношение беззольного вещества к сухому веществу	выше	ниже
Запах	отсутствует	отсутствует
Фильтруемость	ниже	выше

Белов Сергей Григорьевич, к. т. н., доцент, заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Дмухайло Е. И., инженер кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Новосельцева Анна Геннадьевна, ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.