

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

К. Б. Бакурова, В. Г. Юферев

Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации, Россия

Поступила в редакцию 27 октября 2008 г.

Аннотация: В статье представлена реализация методики определения урожайности пастбищных угодий по плотности проективного покрытия по данным аэрокосмического мониторинга поверхности. На основе анализа плотности проективного травянистого покрытия определена продуктивность пастбищных ценозов в структуре агроландшафтов Черных земель Калмыкии.

Ключевые слова: экология, экономика, аэрокосмический мониторинг, продуктивность, эффективность.

Abstract: The article presents realization of the methods of the estimating pastures productivity on the basis of a projective covering density provided by aerospace monitoring the surfaces. On the basis of this analysis pasture productivity coenosis in structure of the agrarian landscapes of the Black Earth of Kalmykiya is determined.

Key word: ecology, economy, aerospace monitoring, productivity, efficiency.

В процессе взаимодействия человека и природы с позиции природопользования возникают эколого-экономические отношения по восстановлению и охране экологических систем, использованию природных ресурсов, экологизации производства. Основными задачами в этой связи являются обоснование рационального использования природных ресурсов, разработка мер по охране окружающей среды, экологическая оценка природных ресурсов и эколого-экономическая оценка эффективности их использования.

Экологически ориентированное природопользование и сохранение окружающей природной среды, здоровья человека должны определять содержание и потенциал функционирования экономической системы, а также стать реальным критерием эффективности современной экономики [6].

Черные земли (географические координаты центра региона 46°0' с.ш., 46°0' в.д.) расположены в основном в пустынной зоне черноземельской физико-географической провинции. С юга район ограничен р. Кумой, с востока Каспийским морем, с севера р. Волгой, а с запада его граница проходит по изогипсе 0 м абс. высоты у подножья Ергеней.

Черные земли – это полупустыня, сформировавшаяся на молодой супесчаной равнине. Нео-

днократная смена природных условий, в том числе из-за глубоких морских вторжений, способствовали формированию на этой территории специфического гидроклиматического режима и почвенного покрова, которые в свою очередь создали особую среду обитания растений и животных.

Климат Черных земель резко континентальный, аридный. Отсутствие больших водоемов на территории способствует увеличению сухости воздуха. Каспийское море несколько смягчает климат побережья, но влияние его распространяется лишь на 30–40 км от берега.

Черные земли относятся к зоне полупустынных бурых почв, формирующихся в условиях резко континентального засушливого климата и засоленных почвообразующих пород.

В структуре растительного покрова пастбищных угодий преобладают полынные, ковыльные с участием полынней, однолетниковые сообщества. Значительную роль в сложение растительного покрова приобретают солянковые травостои. Флористический состав пастбищно-кормовых фитоценозов представлен 841 видами из 80 семейств [2].

Территория Черных земель почти полностью представлена кормовыми пастбищными угодьями, которые составляют 3214070 га (81%). В их растительном покрове доминируют засухоустойчи-

вые, солевыносливые и относительно устойчивые к выпасу многолетние и однолетние (эфемеры, эфемероиды) травы.

Пастбища Черных земель Калмыкии представлены следующими фитоценозами [2, 8].

1. Ковыльные пастбища с участием в травостое полыней, однолетников и злаков. Преобладают ковыль волосовидный и ковыль сарептский, к содоминантным видам относится житняк сибирский, который приурочен к легким почвам. Продуктивность без фитомелиоративных мероприятий составляет 0,32–0,42 т/га.

2. Житняковые пастбища. Доминантой таких пастбищ является житняк сибирский. Разнообразен видовой состав эфемеров, из которых наиболее обильны бурачок пустынный, пажитник пряморогий, крестовник весенний, гулявник Лезеля. Общее проективное покрытие травостоя весной составляет 40–45%, которое по мере «выгорания» эфемеров снижается до 25–30%.

Весной нарастает 30–35% фитомассы житняка, в начале лета – 90%. Максимальное значение урожайности приходится на середину лета, в сентябре сохраняется 75% фитомассы, осенью – 50–60%, зимой – 40%. Продуктивность без фитомелиоративных мероприятий житняковых пастбищ в весенне-летне-осенний период на пастбищах составляет 0,31–0,58 т/га. Мелиорированные житняковые пастбища дают массу до 1 т/га корма высокого качества.

3. Белопопынные пастбища. Общим для них, помимо преобладания по обилию и массе полыни Лерха, является присутствие эфемеров и эфемероидов: мятлика луковичного, бурачка пустынного, дескурайнии Софыи, луков, осочек и др. Белопопынные пастбища рекомендованы для использования в осенне-зимний период. Продуктивность без фитомелиоративных мероприятий составляет 0,29–0,39 т/га.

4. Однолетниковые, эфемероидные пастбища. Доминантом травостоя является рогач песчаный, образующий преимущественно монодоминантные травостои. Кроме эбелека также преобладают лебеда татарская, солянка русская. Общее проективное покрытие 25–40%, высота травостоя от 1–2 см в засушливые годы, до 10 см и выше во влажные. Продуктивность составляет 0,11–0,24 т/га.

5. Белопопынно-злаковые и белопопынно-прутняковые. Преобладают житняк сибирский, ковыль тырса и сарептский, прутняк и др. Продуктивность данных пастбищ составляет 0,54 т/га.

6. Белопопынные и чернопопынные пастбища. Продуктивность – 0,39 т/га. Преобладающим видом является полынь белая. В меньшей степени представлены типчак, прутняк и эфемероиды.

7. Чернопопынные пастбища. Доминантом являются полынь черная и мятлик луковичный.

8. Пастбища с солянковыми растительными сообществами. Доминируют однолетние (петросимония супротивнолистная, солерос европейский) и многолетние виды (сарсазан шишковатый, анабазис солончаковый, солянка древовидная, лебеда бородавчатая). Петросимониевые пастбища занимают обычно пространства засоленных низин. Высота травостоя колеблется от 2–3 см в засушливые и до 15–20 см во влажные годы. Проективное покрытие травостоя 35–40%, однако участие видов сообитателей незначительно (около 5% проективного покрытия весной и 1% летом). Продуктивность без фитомелиоративных мероприятий составляет 0,14–0,26 т/га.

Характерные особенности растительности пастбищ республики Калмыкия – комплексность, изреженность травостоя, доминирование ксерофитов, обилие эфемеров и эфемероидов. По составу и сочетанию ассоциаций выделяются степные, пустынно-степные и пустынные комплексы.

Растительность зональных каштановых и бурых почв сочетается с растительностью на интразональных почвах: солонцах, солончаках, луговых.

С изменением условий произрастания растений с запада на восток происходит смена доминантов: злаки-полыни-солянки. Обилие эфемеров и эфемероидов определяется не только увлажнением, но и степенью сбитости травостоя.

Наиболее существенными недостатками пустынной зоны являются неустойчивая по годам продуктивность пастбищ, незначительные площади сенокосов.

Проективное травянистое покрытие выделяется определяющим фактором продуктивности пастбищ. Используя данные аэрокосмического мониторинга поверхности, можно определить урожайность пастбищных угодий по проективному покрытию и установить нормативы выпаса животных.

При анализе распределения проективного травянистого покрытия на пастбищных ценозах рассмотрена их продуктивность в структуре агроландшафтов Черных земель Калмыкии.

Разработанные нами методы дистанционного мониторинга и оценки деградации пастбищных

угодий по аэрокосмическим снимкам [3] позволили установить площади ценозов с различными уровнями деградации и соответственно различным проективным травянистым покрытием, как по черноземельскому региону в целом, так и для отдельных, входящих в него районов. Данные этого исследования позволили установить функциональную зависимость продуктивности пастбищ от проективного покрытия и определить фактическое состояние пастбищных угодий.

В ходе исследований был проведен логистический анализ зависимости продуктивности ценозов от проективного покрытия, который позволил получить функциональные зависимости для различных типов ценозов. В результате аппроксимации полученных экспериментальных данных разработаны уравнения регрессии основных пастбищных ценозов и проведена статистическая оценка зависимости продуктивности пастбищ от проективного покрытия. Регрессионный анализ показал высокую достоверность аппроксимации по критерию R^2 (таблица).

Естественная валовая продуктивность пастбищных угодий ($V_{\text{естест}}$) определяется в тоннах сухой поедаемой массы (т.с.п.м), в соответствие уровням их деградации по предлагаемой формуле:

$$V_{\text{естест}} = \sum (P_{\text{д}} \cdot S_{\text{ц}}),$$

Уравнения продуктивности пастбищных ценозов и их статистическая оценка

Пастбищные ценозы	Уравнения продуктивности	(R^2)	R	Дисперсия	F	Fтаб.
Ковыльные	$P = \frac{0,429}{1 + e^{(7,01-0,243S_{\text{п}})}}$	0,920	0,959	3,697	23,090	5,987
Белополынные	$P = \frac{0,435}{1 + e^{(5,06-0,161S_{\text{п}})}}$	0,926	0,962	2,767	24,973	
Житняковые	$P = \frac{0,174}{1 + e^{(4,45-0,083S_{\text{п}})}}$	0,879	0,938	5,655	14,556	
Однолетниковые, эфемеровые	$P = \frac{0,343}{1 + e^{(4,11-0,11S_{\text{п}})}}$	0,928	0,963	0,996	25,735	
Чернополынные	$P = \frac{0,377}{1 + e^{(4,13-0,118S_{\text{п}})}}$	0,944	0,971	1,477	33,891	
Солончаково-полынные	$P = \frac{0,463}{1 + e^{(3,63-0,103S_{\text{п}})}}$	0,957	0,978	1,909	44,403	
Солянковые	$P = \frac{0,651}{1 + e^{(4,34-0,0873S_{\text{п}})}}$	0,893	0,945	1,153	16,717	

где P – продуктивность, т. с. п. м.; $S_{\text{п}}$ – проективное покрытие, %.

где: $P_{\text{д}}$ – продуктивность ценозов на пастбищах с различными уровнями деградации, т/га; $S_{\text{ц}}$ – площадь пастбищ, занятая отдельными ценозами, га.

Площади пастбищных ценозов, отнесенные к различным уровням деградации, устанавливаются по результатам аэрокосмического мониторинга и проводится оценка их продуктивности.

Максимально возможная естественная валовая продуктивность ($V_{\text{естест.max}}$) пастбищных ценозов устанавливается для каждого типа.

$$V_{\text{естест.max}} = \sum (P_{\text{max}} \cdot S_{\text{ц}}),$$

где P_{max} – максимальная продуктивность пастбищного ценоза, т/га.

Валовые потери продуктивности (ВП) определяются как разность максимально возможной естественной валовой продуктивности пастбищных ценозов и их естественной (существующей) валовой продуктивности

$$ВП = V_{\text{естест.max}} - V_{\text{естест}}$$

Такой подход позволил определить потери продуктивности с учетом уровней деградации пастбищ.

По результатам исследования максимальные валовые потери продукции от деградации имеют место на слабо- и средне деградированных пастбищах (свыше 16 тыс. т), вследствие значительных площадей, занимаемых данными угодьями.

Таблица 1

Экономическая оценка является важным направлением в улучшении охраны природы и использовании природных ресурсов, выраженная в денежном эквиваленте их ценности.

Для аридных территорий, где основные сельскохозяйственные угодья пастбища, методика их экономической оценки практически не разработана [2].

Для Калмыкии важным с эколого-экономических позиций является разработка концептуально новых методов и подходов к оценке пастбищ. А оценка природно-кормовых угодий на основе дистанционного мониторинга в настоящее время самый приемлемый вариант, связанный с сокращением затрат на проектно-исследовательские и полевые исследования.

Для создания устойчивой экосистемы необходимо, чтобы количество прирастающей фитомассы не превышало биологического потенциала почвы, а использование производственной биомассы не нарушало саморегулирования экосистемы, обеспечивая возможность воспроизводства. При соблюдении равенства между производственной и использованной биомассой обеспечивается саморегуляция и самовосстановление травостоя. Тогда затраты на поддержание отсутствуют. Пастбищные ценозы должны быть долголетними и высокопродуктивными.

Агролесомелиорация является основным звеном рационального аграрного природопользования. Адаптивное управление природно-ресурсным потенциалом позволяет интенсифицировать производство продукции животноводства, восстанавливать, наращивать и в полном объеме осваивать фитоэкологические ресурсы мелиорированных сельскохозяйственных территорий. Для целей фитомелиорации на территории Калмыкии были изучены и вовлечены представители местной флоры, а также интродуцированные виды, адаптированные к аридным условиям.

Введение фитомелиорантов в деградированные фитоценозы возможно путем поверхностного или коренного улучшения. При поверхностном улучшении естественный травостой сохраняется полностью или частично, а во втором случае природная растительность уничтожается полностью и создается новый тип кормового угодья.

Технология проведения фитомелиоративных работ представлена в рекомендациях и инструкциях по лесомелиорации пастбищ в аридной зоне [4, 5, 7].

При расчете экономической эффективности продуктивности пастбищных ценозов для приме-

ра была взята технология фитомелиорации деструктивных областей средних и крупных очагов опустынивания [5].

В результате исследований определена продуктивность пастбищных ценозов по черноземельским пастбищам Калмыкии и стоимость дополнительной продукции при проведении фитомелиоративных мероприятий.

При расчете экономической эффективности фитомелиорации пастбищ учитывается технология фитомелиорации пастбищ аридного региона.

Валовая продуктивность с фитомелиоративными мероприятиями (B_m) определяется по формуле

$$B_m = \Pi_{\text{ф.м.макс}} \cdot S_{\text{ц}}$$

где $\Pi_{\text{ф.м.макс}}$ – максимально возможная продуктивность отдельного ценоза с фитомелиоративными мероприятиями, т/га.

Дополнительная валовая продуктивность ($B_{\text{доп}}$) определяется по формуле:

$$B_{\text{д}} = B_m - (\Pi_{\text{ест.макс}} \cdot S_{\text{ц}})$$

Стоимость дополнительной продукции ($C_{\text{д}}$) рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{д}} = B_{\text{д}} \cdot \Pi_{\text{с}}$$

где $\Pi_{\text{с}}$ – текущая цена 1 т сухой поедаемой массы степного сена, которая на конец 2005 начало 2006 гг. составляла в среднем 250 рублей.

Суммарный резерв продуктивности пастбищ Калмыкии составляет свыше 30 млн. т.

Эколого-экономическая эффективность характеризует результативность фитомелиоративных мероприятий с учетом материальных и трудовых затрат, а также экологического состояния пастбищных угодий. При расчете эколого-экономической эффективности учитываются удельные затраты на проведение фитомелиоративных работ по стандартным методикам.

Применение модельной технологии фитомелиорации деградированных земель позволило рассчитать затраты на проведение агролесомелиоративных мероприятий, что составило на 1 га 411 руб.

В связи с тем, что объем работ по фитомелиорации пастбищ зависит от площади естественного проективного покрытия, необходимо вводить пропорциональный коэффициент снижения ($K_{\text{с}}$) затрат, определенный при исследованиях на модельном пастбищном ценозе:

$$K_{\text{с}} = 1 - \frac{S_{\text{пр}}}{100}$$

где $S_{\text{пр}}$ – проективное покрытие, %.

Данный коэффициент учитывает снижение прямых эксплуатационных затрат и уменьшение

нормы высева фитомелиорантов пропорционально площади проективного покрытия.

Таким образом, с учетом всех затрат и коэффициента снижения стоимость продукции пастбищных ценозов составила более 2 млрд. рублей.

Одним из элементов экономической эффективности является общая (абсолютная) эколого-экономическая эффективность, которая определяется отношением стоимости дополнительной продукции с учетом всех затрат на проведение агролесомелиоративных мероприятий к стоимости дополнительной продукции. Чем выше показатель, тем эффективнее применение агролесомелиоративных мероприятий для восстановления и повышения продуктивности пастбищных угодий.

Исходя из полученных результатов оценки эффективности агролесомелиоративных мероприятий, можно отметить, что проведение фитомелиоративных мероприятий обеспечивает получение дополнительной продукции. Кроме того, общий экономический эффект использования методики картографоаэрокосмического мониторинга за счет сокращения наземных проектно-изыскательских работ составил около 186 млн. руб на всю территорию исследования [1].

Экономический эффект использования АКФ для фитоэкологической оценки агроландшафтов, обоснования и проектирования агролесомелиоративного обустройства складывается из нескольких элементов: 1) экономии средств на проведение

специальной аэрокосмической съемки объектов; 2) экономии средств в результате сокращения объема полевых работ; 3) сокращения времени составления проектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакурова К. Б. Эколого-экономическая эффективность картографо-аэрокосмического мониторинга деградации и опустынивания ландшафтов / К. Б. Бакурова, К. Н. Кулик, А. С. Рулев // Эколого-экономическая оптимизация природопользования: материалы круглого стола, г. Волгоград, 30 марта 2004 г. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2004. – С. 7–11.

2. Кормовые ресурсы сенокосов и пастбищ Калмыкии / Т. И. Бакинова [и др.]. – Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, 2002. – 184 с.

3. Применение информационных технологий в агролесомелиоративном картографировании: метод. пособие / К. Н. Кулик [и др.]. – М.: РАСХН, 2003. – 48 с.

4. Рекомендации по комплексному освоению песков Юга и Юго-Востока СССР. – М.: Колос, 1978. – 24 с.

5. Рекомендации по формированию лесопастбищ в аридной зоне / В. И. Петров [и др.]. – М.-Волгоград, 2000. – 42 с.

6. Скачкова С. А. Эколого-экономические аспекты повышения качества среды урбанизированных территорий / С. А. Скачкова. – Волгоград, 2002. – 151 с.

7. Указания по изысканиям и проектированию мероприятий комплексного освоения песчаных земель Юго-Востока СССР. – М., 1984. – 99 с.

8. Фитомелиоративная реконструкция и адаптивное освоение Черных земель / С. Д. Дурдусов [и др.]. – Волгоград-Элиста, 2001. – 322 с.

Бакурова Кермен Батнасуновна
кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела ландшафтного планирования и аэрокосмических методов исследований Всероссийского научно-исследовательского института агролесомелиорации, г. Волгоград, т. (8442) 46-25-68, E-mail: vnialmi_olp@vlpost.ru
Юферев Валерий Григорьевич
кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела ландшафтного планирования и аэрокосмических методов исследований Всероссийского научно-исследовательского института агролесомелиорации, г. Волгоград, т. (8442) 46-25-68, E-mail: vnialmi_olp@vlpost.ru

Bakurova Kermen Batnasunovna
Candidate of Agricultural Sciences, research worker of department of landscape planning and aerospace methods of researches, All Russian Research Institute of Agrarian and Forest Reclamation, Volgograd, tel. (8442) 46-25-68, E-mail: vnialmi_olp@vlpost.ru
Yuferev Valeriy Grigor'yevitch
Candidate of Technical Sciences, assistant professor, chief research worker of department of landscape planning and aerospace methods of researches, All Russian Research Institute of Agrarian and Forest Reclamation, Volgograd, tel. (8442) 46-25-68, E-mail: vnialmi_olp@vlpost.ru