Ирина Анатольевна Романенко,
зав. отделом ГНУ ВИАПИ им. А.А. Никонова Россельхозакадемии,
д.э.н.,
romanenko@viapi.ru
Наталья Егоровна Евдокимова
вед.н.с. ГНУ ВИАПИ им. А.А. Никонова Россельхозакадемии,
к.э.н.,
nevdoki@gmail.com

Применение математических моделей для решения проблемы эффективного землепользования с учетом агропротенциала территорий

Аннотация: *В статье представлена система экономико-математических моделей по определению эффективной структуры землепользования и вариантов размещения сельскохозяйственного производства на территориях Российской Федерации с учетом агроэкологического потенциала и использования новых сортов и технологий.*

Ключевые слова: *землепользование, агроэкологический потенциал, экономическая эффективность, размещение сельскохозяйственного производства, экономико-математическая модель, агропродовольственная система региона.*

Значительная территория России, разнообразие природно-ресурсного потенциала и социально-экономических условий — безусловно, требовали научных исследований в области размещения производительных сил. Интерес к территориальному экономическому и государственному устройству проявляли великие русские ученые **М.В. Ломоносов, А.Н. Радищев, К.И. Арсеньев, Д.И. Менделеев, Д.И. Рихтер, Н.Г. Чернышевский** и многие другие. В XIX - начале XX столетия основные территориальные исследования экономики касались природного и экономического районирования, проблем региональных рынков, естественных производительных сил:

- методология и методы зонального районирования сельскохозяйственных территорий (агроклиматическое и агроэкологическое районирование) – Докучаев, Вавилов, Тимирязев, Селянинов;
- биологический закон единства «организм-среда» в форме биогеохимических принципов - Василий Иванович Вернадский;
- закон возврата - Юстус Либих;
- закон «убывающего плодородия почвы» - Ж. Тюрго;
- закон незаменимости и равнозначности факторов жизни растений - В.Р. Вильямс;

- закон минимума Либиха и закон толерантности Шелфорда;
- закон совокупного действия - А. Митчерлих, Б. Бауле;
- оптимизация биологического потенциала организмов – Жученко и др.
- Модель Тюнена;
- концепция оптимального размещения сельскохозяйственного производства – Лаунхардт.

С 1920-х гг. изучение размещения производительных сил осуществлялось под сильным воздействием государства, так как были ориентированы на задачи планового управления. С одной стороны, обеспечивались возможности научного обоснования размещения производительных сил в масштабе всего народного хозяйства, с другой — подчинение требованиям централизованной административно-командной системы порождало многочисленные трудности в полирегиональной и многоконфессиональной стране для комплексного развития отдельных территорий.

Теоретические исследования в области размещения производительных сил в России в советский период концентрировались на трех направлениях [1]:

- выявление закономерностей, принципов и факторов размещения производительных сил, которыми занимались видные российские ученые Ю.Г. Саушкин, А.Е. Пробст, Я.Г. Фейгин;

- экономическое районирование и образование региональных комплексов, которые нашли отражение в плане ГОЭЛРО, пятилетних планах развития народного хозяйства страны, трудах Н.Н. Баранского, Н.Н. Колосовского, П.М. Алампиева;

- разработка методов планирования и регулирования территориального и регионального развития, осуществляемая Комиссией по изучению естественных производительных сил (КЕПС), созданная академиком В.И. Вернадским в 1915 г. и Советом по изучению производительных сил (СОПС) с 1930 г.

При этом, в подходах к построению теории и в назначении теории между западной и российской школами размещения производительных сил существуют определенные различия.

Во-первых, в отличие от традиций западных теорий размещения и пространственной организации хозяйства, где отправными моментами являются абстрактные ситуации, российская школа ориентировалась на обобщение эмпирики и решение задач, поставленных практикой.

Во-вторых, если западные теории концентрируют внимание на рациональном поведении экономических субъектов в экономическом пространстве, то российские теории были нормативными, т. е. искали решения вопросов: где в интересах народно-хозяйственного комплекса необходимо размещать новые производства, куда нужно перемещать население, какие новые регионы необходимо осваивать? Безусловно, отечественные исследования в области размещения производительных сил являются уникальными и в настоящее время

наиболее востребованными, т.к. предоставляют возможность разработать меры по адаптации агропродовольственных систем к климатическим изменениям, построить эффективную экономику на основе проектирования эффективных и устойчивых региональных агропродовольственных систем [2].

Дадим основные определения:

АПС - *аграрная продовольственная система региона -* *целостное экономическое образование, наделенное специфическими функциями и отношениями между субъектами хозяйственной деятельности, возникающими в процессе производства и дальнейшего использования сельскохозяйственной продукции в регионе;*

Эффективность сельскохозяйственного производства в регионе *– это результативность финансово-хозяйственной деятельности в сельском хозяйстве на данной территории, в результате которой обеспечивается достижение высокого уровня использования всех видов капитала при сохранении устойчивости их воспроизводства;*

Агроэкологический потенциал (АП) – это средневзвешенный балл, с помощью которого оценивают соответствие фактических почвенно-климатических и погодных условий конкретной территории к оптимальным нормативным требованиям произрастания основных культур. Его расчет осуществляется с помощью методики, разработанной и апробированной в ФГУП «Госземкадастрсъемка» - ВИСХАГИ [3].

При решении задач по планированию территориального размещения сельскохозяйственного производства используют ряд критериев оптимальности: минимум затрат денежных средств (себестоимость) на производство заданного объема продукции, минимум земли, максимум продукции и максимум прибыли при ограниченных ресурсах [4].

Использование при решении задач в качестве целевой функции максимума прибыли или чистого дохода при заданных ресурсах наиболее полно отвечает либеральному способу развития экономики. В сельском хозяйстве, где часть отраслей является убыточными, более приемлемым является критерий - минимум материально-денежных затрат на производство заданного объема продукции. Снижение себестоимости так же, как и рост прибыли свидетельствует об экономии рабочего времени и повышении производительности труда. При этом вести расчеты на минимум затрат значительно проще, чем на максимум прибыли, особенно в связи с колебанием цен. Изменения цен на сельскохозяйственную продукцию в зависимости от ее качества, сроков продажи и форм реализации трудно учесть. Проведение расчетов на минимум затрат освобождает от прогнозирования цен.

Наибольший интерес представляет критерий - максимальный уровень рентабельности. Применение этого критерия обеспечивает выбор варианта с наиболее эффективным использованием затрат на 1 га посева.

Показатели объемов имеющихся ресурсов: земли, основных средств, труда и других вводятся в задачу как ограничения, а нормативы их затрат на единицу продукции - как коэффициенты при переменных.

Чтобы оценить влияние агропотенциала на размещение отраслей растениеводства, необходимо выделить совокупность основных лимитирующих факторов, определяющих облик региональной АПС. Эти факторы можно объединить в три группы – климатические характеристики, определяющие водно-тепловой режим культурных растений, почвенные характеристики, определяющие доступность питательных веществ в почве и экономические факторы. Ко второй группе лимитирующих факторов, характеризующих почву региона, относится уровень содержания органического вещества почвы, определяемого расчетным путем в зависимости от регионального гумусового горизонта, а также содержание основных питательных веществ, содержащихся в почве, - фосфора и калия.

Важной региональной характеристикой, которая является функцией факторов, входящих в 2 первые группы, является тот необходимый уровень затрат для замещения недостатка климатических и почвенных характеристик, который позволяет в регионах с различными значениями показателей, характеризующих климат и почву региона, получать одинаковую урожайность сельскохозяйственных культур, потенциально пригодных к выращиванию. Таким показателем может служить норма замещения одного балла агроэкологического потенциала АП затратами в расчете на 1 га посева той или иной сельскохозяйственной культуры.

Основными лимитирующими региональными характеристиками, относящимися к первой группе, являются сумма активных (более 10 градусов) температур, коэффициент увлажнения, показывающий отношение количества осадков к испаряемости, континентальность климата, определяющая степень взаимодействия этих факторов.

Условием появления и исчезновения культуры на определенной территории является уровень суммы активных температур и значение коэффициента увлажнения. Кроме этого, исследованиями установлено, что урожайность зерновых и подсолнечника увеличивается прямо пропорционально росту сумм активных температур (до определенного предела). Урожайность сахарной свеклы и многолетних трав увеличивается более медленными темпами, чем растут суммы активных температур. Улучшение условий влагообеспеченности также положительно влияет на урожайность.

Однако при одинаковых значениях показателей сумм активных температур и коэффициента увлажнения могут существенно различаться характер распределения этих температур и осадков в течение всего вегетационного периода, повторяемость засух и наводнений, условия перезимовки растений и др. Эти различия отражает коэффициент континентальности климата, увеличение значения которого показывает менее благоприятное распределение осадков и

температур в течение вегетационного периода, большую вероятность возникновения засух, плохие условия перезимовки сельскохозяйственных культур. В наибольшей степени континентальность климата оказывает влияние на урожайность сахарной свеклы. В наименьшей степени – на урожайность многолетних и однолетних трав.

Таким образом, для каждого региона необходимо определить культуры, для которых суммы активных температур укладываются в границы, доступные в данном регионе, или, другими словами, являются оптимальными для данной культуры, коэффициент увлажнения превышает минимальное значение и является достаточным для данной культуры, континентальность климата невысокая.

Таблица 1 – Регионы, пригодные для выращивания практически всех сельскохозяйственных культур (суммы активных температур 2200 ^0C и более)

Субъект Федерации	Сумма температур более 10^0 С	Козффициент увлажнения (КУ)	Коэф. континен-тальности климата (КК)
Белгородская область	2596	0,86	162
Брянская область	2259	1,1	152
Волгоградская область	2930	0,52	194
Воронежская область	2618	0,76	175
Еврейская автономная область	2319	1,1	200
Калининградская область	2213	1,1	120
Краснодарский край	3397	0,77	167
Курская область	2368	1,00	163
Липецкая область	2323	0,90	167
Оренбургская область	2424	0,60	200
Орловская область	2240	1,07	159
Пензенская область	2318	0,85	179
Приморский край	2446	1,1	200
Республика Адыгея (Адыгея)	3348	0,88	159
Республика Дагестан	2376	1	165
Республика Калмыкия	3443	0,43	193
Республика Мордовия	2263	0,98	173
Ростовская область	3186	0,58	189
Рязанская область	2238	1	165
Самарская область	2472	0,68	194
Саратовская область	2723	0,56	195
Ставропольский край	3395	0,53	178
Тамбовская область	2434	0,81	173
Ульяновская область	2238	0,81	184
Хабаровский край	2376	1,1	200

В таблице 1 представлены регионы, благоприятные для выращивания практических всех товарных сельскохозяйственных культур, исходя из климатических характеристик.

Очевидно, что рентабельность производства основных товарных сельскохозяйственных культур в значительной степени зависит от уровня агроэкологического потенциала. Наиболее рентабельно производство там, где агроэкологический потенциал выше, т.к. потребуется меньше затрат на замещение лимитирующих климатических ресурсов, которые оцениваются с помощью показателя агропотенциала. Кроме этого, для рентабельного производства товарных сельскохозяйственных культур имеют большое значение такие факторы, как содержание питательных веществ в почве, т.к. при большом содержании накопленного в почве азота, фосфора и калия потребуется меньше затрат на их восполнение при выносе питательных веществ из почвы с урожаем, вследствие чего урожай будет выше, а затраты меньше.

Таблица 2 - Показатели эластичности в функциях урожайности от агропотенциала и затрат на 1 га посева товарных сельскохозяйственных культур

Культуры	Эластичность урожайности по агропотенциалу	Эластичность урожайности по затратам	R^2
Пшеница	0,33	0,52	0,71
Рожь	0,18	0,39	0,54
Кукуруза на зерно	0,05	1,32	0,43
Ячмень	0,24	0,56	0,64
Овес	0,17	0,44	0,52
Зернобобовые культуры	0,39	0,13	0,21
Подсолнечник на зерно	1,13	0,28	0,66
Соя	0,53	0,56	0,46
Рапс озимый	2,79	0,14	0,47
Свекла сахарная	1,92	0,21	0,86
Картофель	0,39	0,35	0,37
Овощи открытого грунта	0,37	0,31	0,26

Из таблицы 2 видно, что в наибольшей степени от агроэкологического потенциала зависит производство таких культур как сахарная свекла, подсолнечник на зерно, рапс озимый. Коэффициент эластичности по АП для этих культур больше единицы, что означает: при увеличении АП на 1% урожайность растет больше, чем на 1%. Для подсолнечника рост урожайности составляет 1,13%, для сахарной свеклы и рапса озимого - около 2%. С точки зрения эффективности затрат на 1 га посева можно выделить только одну культуру – это кукуруза на зерно. Только для этой культуры затраты являются эффективными, т.к. темпы роста урожайности опережают темпы роста затрат. Что касается остальных зерновых культур, то практически для всех из них эластичности по АП меньше эластичностей по затратам. Это свидетельствует о том, что во-первых, агроэкологический потенциал не является лимитирующим фактором, он может быть замещен за счет увеличения затрат на 1 га посева, и,

во-вторых, еще не достигнут достаточный уровень эффективности зернового производства, т.к. эластичность урожайности по затратам не превышает единицы.

Рассмотрим подробнее описание модели по определению эффективной производственной структуры региональной АПС с учетом агропротенциала территории (АП).

В нашей постановке урожайность сельскохозяйственной культуры определяется следующим образом:

$$y = {}_0 + 0{,}01 k_a D_{NPK} + \quad , \qquad (1)$$

где y_0, k_a, Δ - уровень урожайности данной культуры без применения минеральных удобрений, коэффициент агрономической эффективности, равный отношению прибавки урожайности на единицу прироста дозы удобрений, прибавка урожайности за счет применения элитного посевного материала, соответственно.

Коэффициент агрономической эффективности связан с агроэкологическим потенциалом (АП) территории региона, по наши оценкам, следующим образом:

$$k_a = {}^*_a (АП)^{0,3} \quad , \qquad (2)$$

где $k_a^*, АП$ - параметр уравнения регрессии, зависящий от возделываемой культуры, и величина агроэкологического потенция региона соответственно.

На следующем этапе может быть определена эффективная производственная структура растениеводства, при которой минимизируются затраты на единицу продукции, что увеличивает чистый доход и рентабельность производства растениеводческой продукции.

В предлагаемой постановке в результате решения задачи оптимизации отраслевой структуры требуется найти такие значения $y_i, S_i, z_i, D_{NPK,i}, i = \overline{1,m}$, которые максимизируют чистый доход от производства растениеводческой продукции в данном регионе. Такое решение будем называть оптимальным по чистому доходу. При этом сумма посевных площадей оптимального решения не должна превышать фактические значения, а суммарный объем минеральных удобрений должен быть одинаковым для оптимального варианта и факта.

Критерий оптимальности и ограничения

$$\sum_{i=}^{m} \{(D_{NPK,i})C_i - \ _i)S_i\} \Rightarrow \quad \text{ax}$$

$$\sum_{i} \quad \leq \sum_{i} \ ^{\text{акт}}$$

$$\sum_{i=} \quad D_{NPK,i} = \sum_{i=} \ ^{\text{акт}} D_{NPK,i} \qquad , \qquad (3)$$

$$D_{NPK,i} \leq \ D_{NPK,i}^{\max}$$

$$D_{NPK,i}, S_i \geq \ ), \forall \ = \ 1, m]$$

Переменные

Y_i – урожайность, C_i - цена реализации, z_i - затраты на 1 ц, S_i – посевная площадь *i*-й сельскохозяйственной культуры, $i=1;m$

Последние две строчки в (3) ограничивают дозы применения удобрений максимально допустимыми величинами для данной культуры, а также требуют положительных (точнее неотрицательных) значений для искомых доз удобрений и посевных площадей.

В результате получается эффективная производственная структура производства товарной продукции растениеводства и кормовой ее части(коэффициент товарности растениеводства является внешней переменной).

Далее предстоит определить те отрасли животноводства, которые наиболее эффективно могут использовать полученные кормовые ресурсы. Для этого требуется эффективно разделить имеющиеся кормовые ресурсы по отраслям животноводства. В поиск в этом случае предлагается поставить значения долей кормовых ресурсов по каждому виду отраслей животноводства. Решается задача распределения кормовых ресурсов по отраслям животноводства, что позволит определить поголовье того или иного вида животных, которое может быть эффективным на имеющейся кормовой базе. При этом кормовые ресурсы сгруппированы следующим образом: концентраты, сочные корма и грубые корма. Соотношения кормов определяется по каждой группе. Критерием является максимум валового дохода животноводства на единицу затрат на корма при 100% использовании имеющейся кормовой базы, что гарантирует **максимальный уровень использования агропотенциала потенциала территории**.

В результате решения задачи определяется численность поголовья и продуктивность каждого вида животных, исходя из нормативов затрат к.ед. на единицу продукции животноводства. Математическая запись задачи выглядит следующим образом:

Критерий оптимальности - $\boldsymbol{R / Z \Rightarrow max,}$ где R - стоимость реализованной продукции животноводства (валовой доход животноводства); Z – затраты на корма;

Ограничения: $\beta_{ij} \geq 0$, $Z_j \geq 0$– неотрицательность переменных

$i \in 1 \div m$, m=3 (в расчете участвуют 3 класса кормовых культур – зерновые, пропашные, многолетние травы, из которых формируются 3 вида кормовых средств – концентраты, сочные и грубые корма), $j \in J$ – множество видов продукции животноводства, $j \in 1 \div n$.

$$
\begin{aligned}
&Z \quad \sum_{J=} \quad j \in \\
&Z_{} = \sum_{i=} \beta_{} Z \quad \Big) \qquad , \qquad (4) \\
&\sum_{J=} \beta_{} = \\
&k_{ij}(\min) \le \beta_{} S_i Y_i) / N_j \le {}_{ij}(\max)
\end{aligned}
$$

где k_{ij} – ограничения на содержание i-го вида корма в рационе j-го вида животных.

Переменные β_{ij} - доля i-го вида кормов, используемая для производства продукции животноводства j-го вида.

Z_j – затраты на корма для j-го вида животных тыс. руб. $j \in J$ – множество видов продукции животноводства, $j \in 1 \div n$.

Выводы: Для получения эффекта опережающего роста урожайности по сравнению с ростом затрат на 1 га нужны новые технологии, применение которых возможно лишь при финансировании этих направлений за счет региональных программ развития. Структурная перестройка землепользования с учетом агропотенциала территорий и региональные программы, направленные на выравнивание условий развития регионов являются мерами зеленой корзины и могут финансироваться из бюджета без ограничений с учетом правил, вступивших в силу после ратификации соглашений о вступлении России в ВТО.

Список использованной литературы

1. Гордеев А.В., Клещенко А.Д., Черняков Б.А., Сиротенко О.Д. Биоклиматический потенциал России: теория и практика. / Под ред. А.В. Гордеева. - Москва: Товарищество науч. изд. КМК, 2006**.**

2. Гордеев А.В., Клещенко А.Д., Черняков Б.А., Сиротенко О.Д., Темников В.Н., Усков И.Б., Романенков В.А., Рухович Д.И. Биоклиматический потенциал России: меры адаптации в условиях изменяющегося климата. / Под ред. А.В. Гордеева. - Москва: [б.и.], 2008.

3. Черненков А.Г., Носов С.И. Справочник агроклиматического оценочного зонирования субъектов Российской Федерации / Под ред. С.И. Носова. - М.: Маросейка, 2010.

4. Гордеев А.В., Клещенко А.Д., Черняков Б.А., Сиротенко О.Д., Сиптиц С.О., Романенко И.А., Борталев С.А., Савин И.Ю. Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата. / Под ред. А.В. Гордеева. - Москва: [б.и.], 2012.