

К ВОПРОСУ О СИСТЕМЕ МОДЕЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

А. А. ГУСЕВ

(Москва)

1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Создание и практическое использование единой модели, всесторонне отражающей условия эффективного применения минеральных удобрений, затруднительно по ряду причин. Одно из главных препятствий состоит в недостаточных мощностях современных ЭВМ, которые не могут принять всю необходимую информацию для решения задачи по такой модели. А попытка ее решения с помощью агрегирования информации, например сроков, способов и средств осуществления работ по применению минеральных удобрений, может привести к весьма усредненным результатам, далеким от действительности. Поэтому оптимальным выходом из создавшегося положения с точки зрения современного состояния науки и технических возможностей можно считать отображение комплекса связей по всей поставленной проблеме во взаимосвязанной системе моделей.

Как отмечается в [1], при конструировании модели локального народнохозяйственного звена приходится учитывать две противоположные тенденции. Во-первых, структура модели должна быть по возможности более автономной, с минимальными и наиболее упрощенными требованиями по отношению к данным других хозяйственных звеньев, районов, народного хозяйства в целом. Во-вторых, совершенствование модели вызывает необходимость иметь более конкретные и детальные данные по смежным локальным звеньям, районам и т. д. От решения этого вопроса в значительной мере зависит качество и реализуемость модели. Создание системы моделей и в этом случае является наилучшим способом разрешения такой проблемы.

В системе моделей предполагается использование результатов оптимального решения задачи предыдущего звена в качестве исходной информации для задачи последующего звена. Это позволяет функционировать частям системы в условиях оптимальной информации.

Если нет системы моделей, то исходную информацию (ресурсы и т. д.) приходится рассчитывать внемоделльным (неоптимальным) путем, а часть данных и вовсе принимается по так называемым экспертным оценкам. Такая информация может свести на нет всю трудоемкую работу расчета «оптимального» плана*.

При расчетах в системе моделей информация используется либо прямо и последовательно от звена к звену, либо в процессе итеративной увязки между моделями данной системы, либо же при итеративной увязке моделей, входящих в разные системы. В условиях рассматриваемой нами проблемы встречаются все перечисленные случаи.

2. СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗИ

Система моделей применения минеральных удобрений призвана разработать комплексный план рационального использования продуктов химии, начиная от их поставки в район потребления и кончая конечным потреблением удобрений.

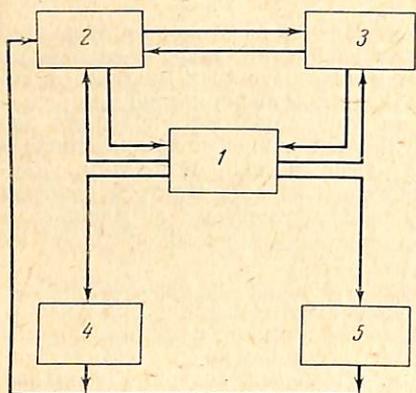
На рисунке показана примерная схема взаимосвязей системы моделей оптимального перспективного планирования применения минеральных удобрений как один из возможных вариантов, который был использован в практических расчетах**. Естественно, что система может быть рассмотрена и более детально.

Модель 1 — основное звено системы. Расчеты по ней позволяют определить потребности хозяйств в минеральных удобрениях. В настоящее время наиболее распространены так называемые расчетный и опытный методы определения потребностей в туках. Эти методы обосновывают потребность в основном агрохимически. Очень важно обосновать ее также и экономически. Необходимо распределить ограниченное количество минеральных удобрений по земельной площади так, чтобы добиться их максимальной эффективности. Наилучшее решение этого вопроса возможно в том случае, если план использования минеральных удобрений является частью общего оптимального перспективного плана растениеводства. Так, модель оптимизации растениеводства на уровне района позволяет оптимальным образом решить вопросы сочетания отраслей растениеводства, структуры посевных площадей и т. д.

* Строго говоря, система моделей не освобождает полностью от необходимости использования «внемоделльной» информации, но она может существенно сократить «потребление» такой информации.

** Модели рассматриваются на уровне района или области в зависимости от того, на каком уровне реализуется система.

В числе решаемых вопросов определяется распределение фонда минеральных удобрений по хозяйствам района и под культуры, оптимальная структура удобряемой площади и др. Причем расчетный и опытный методы используются в модели 1 как составная часть при подготовке исходной информации. Оптимальное использование минеральных удобрений определяется в данной модели в сочетании и в зависимости от других факторов интенсификации сельскохозяйственного производства,



Примерная схема взаимосвязей системы моделей применения минеральных удобрений: 1 — модель оптимизации растениеводства; 2 — модель оптимизации материально-технической базы применения минеральных удобрений; 3 — модель оптимизации смешивания туков; 4 — модель оптимизации использования машинно-тракторного парка; 5 — модель оптимизации работы самолето-моторного парка

тов по модели 2. При равномерном выпуске промышленностью минеральных удобрений в течение года потребление их в сельском хозяйстве неравномерное, что обуславливает неодинаковые условия перевозок, объемы работ по транспортировке, перегрузке и внесению туков и неодинаковый режим работы складов в каждый период года. Это вызывает необходимость построения модели 2 в динамическом внутригодовом аспекте. Такая модель изложена в [7].

Решение задачи по модели 2 позволяет определить следующие оптимальные показатели: 1) прирельсовые пункты доставки минеральных удобрений в район и внутригодовую интенсивность их поставки; 2) пункты строительства и расширения прирельсовых складов минеральных удобрений и их емкости (с взлетно-посадочными площадками при авиационном способе внесения туков); 3) пункты строительства и расширения глубинных складов и их емкости (с взлетно-посадочными площадками при внесении туков авиацией); 4) капитальные вложения в строительство и расширение прирельсовых и глубинных складов; 5) режим работы прирельсовых и глубинных складов в течение года; 6) связи прирельсовых пунктов с глубинными складами и мощности грузопотоков удобрений между ними в отдельные периоды; 7) связи прирельсовых складов (взлетно-посадочных площадок) с потребителями и мощности грузопотоков удобрений между ними в отдельные периоды; 8) связи глубинных складов (взлетно-посадочных площадок) с потребителями и мощности грузопотоков удобрений между ними в отдельные периоды; 9) способы доставки и внесения удобрений в каждый из возможных пунктов в отдельные периоды года; 10) структуру технических средств транспортировки, переработки и внесения удобрений; 11) зону обслуживания потребителей.

Расчеты по моделям 1 и 2 взаимосвязаны. Результаты решения на уровне района по модели 1 дают возможность обосновать потребности хозяйств в минеральных удобрениях, что является основной исходной информацией в модели 2. В зависимости от потребности в удобрениях конкретных потребителей подбирается материально-техническая база и определяются условия ее эксплуатации. В свою очередь расчеты по модели 2 воздействуют на оптимальный план, определяемый по модели

ва, например от применения органических удобрений, а главное, от максимальной эффективности растениеводства в комплексе. Имеются экономико-математические постановки таких задач, практически решающие данные вопросы. Непосредственно вопросы оптимизации растениеводства на уровне района рассматриваются, например, в [2]. Решение этих проблем может быть получено и на основе более общих моделей, например модели размещения и специализации сельскохозяйственного производства [3—5].

Как показано в [6], существует несколько способов определения оптимального уровня интенсификации отраслей растениеводства на основе линейных моделей. Эти способы основаны на использовании в качестве ограниченной модели ряда модификаций производственных функций урожайности от затрат факторов интенсификации. Кроме них рассматривается способ, основанный на учете в матрице задачи двух уровней интенсификации для каждой отрасли с соответствующими затратами факторов интенсификации. Дается сравнительный анализ этих способов с точки зрения удобства их реализации на ЭВМ и полноты информации об оптимальном плане.

В каждом конкретном случае в модели 1 может быть использован один из этих способов.

В рассматриваемой системе моделей оптимальное решение вопросов создания и использования материально-технической базы, обеспечивающей своевременную и экономичную транспортировку, погрузку, разгрузку, переработку (измельчение и смешивание), хранение и внесение удобрений, можно получить на основе расче-

1, путем влияния на уровень собираемого урожая (через уровень механизации и степень проведения работ по использованию удобрений в лучшие агротехнические сроки) и на величину затрат по применению туков. Это может оказать существенное влияние на величину суммарной прибыли от ведения растениеводства. В связи с этим возникает необходимость итеративной увязки решений по моделям 1 и 2.

Для транспортировки, перегрузки и внесения минеральных удобрений должны быть выбраны наиболее экономичные схемы и технические средства с учетом возможности их универсального использования. Это достигается увязкой решений по моделям 4, 5 и 2. Решение задач по моделям 4 и 5 определяет структуру и использование технических средств по многоцелевому их назначению, в том числе: набор типов наземных и авиационных средств, которые могут осуществлять работы по транспортировке, перегрузке и внесению удобрений. Например, расчеты по модели 4 позволяют определить высвобождение тракторов от полевых работ в отдельные периоды года, которые могут быть привлечены к перевозкам минеральных удобрений, а расчеты по модели 5 — прикрепление определенных типов авиационной техники для внесения удобрений. Эти модели излагаются, например, в [8, 9]. Выявленные таким образом типы технических средств служат исходной информацией в модели 2. В результате решения задачи по модели 2 из этих типов технических средств в оптимальный план войдут те, которые соответствуют оптимальным технологическим способам выполнения операций по транспортировке, перегрузке и внесению минеральных удобрений.

Результаты решения по моделям 4 и 5 зависят от расчетов по модели 1. Эти расчеты определяют валовой объем производства растениеводческой продукции, от которого зависит структура и объем работ технических средств — основная исходная информация в моделях 4 и 5.

В рассматриваемую систему моделей включена модель оптимизации тукосмешения — 3. Потребность сельского хозяйства в комбинированных удобрениях, содержащих в себе несколько питательных элементов, достаточно велика. Но до сих пор вопрос о решении задач оптимизации тукосмешения не вставал. С улучшением качества и резким увеличением объема производства и ассортимента удобрений необходимость решения таких задач очевидна.

Математическая постановка задачи оптимизации тукосмешения соответствует задаче линейного программирования о смесях. В результате решения такой задачи подбирается нужное и дешевое сочетание исходных компонентов для приготовления заданного состава тукосмеси.

Решение задачи по модели 3 влияет на затраты по переработке туков и на объем доставки и внесения удобрений, учитываемых в модели 2.

Расчеты по модели 3 также взаимодействуют с расчетами по модели 1. Определение структуры посевных площадей по модели 1 служит основной исходной информацией для приготовления необходимых тукосмесей. В свою очередь применение смешанных удобрений влияет на повышение урожайности, учитываемое в модели 1. В принципе требуется итеративная увязка решений по этим моделям.

Модель 1 можно рассматривать в системе взаимосвязанных моделей оптимизации растениеводства на разных уровнях: страны, республики, экономического района, области, района (производственного управления) и хозяйства. Такие модели на разных уровнях иерархии частично изложены в [2, 10].

Система моделей применения минеральных удобрений тесно взаимосвязана с моделями производства минеральных удобрений. Примером постановки задачи оптимизации структуры производства минеральных удобрений может служить [41], а основных положений разработки моделей размещения производства такого типа — [42]. Расчеты по таким моделям должны определить количество и ассортимент поставляемых сельскому хозяйству удобрений. Это влияет на план химизации растениеводства, получаемый по модели 1, на общую потребность в удобрениях, от которой зависит решение задачи по модели 2, и на выбор оптимального варианта смешивания туков, определяемого по модели 3. Кроме того, модель оптимального размещения производства минеральных удобрений отражает транспортировку туков до районов потребления, например до областных диспетчерско-распылительных пунктов минеральных удобрений. А определяемые по модели 2 прирельсовые пункты внутриобластной доставки удобрений и внутригодичная интенсивность их поставки должны способствовать рациональному режиму работы этих пунктов. В свою очередь результаты решения задачи по модели 1 воздействуют на план расширения производства минеральных удобрений.

Помимо этого, по модели 2 определяется динамика высвобождения складских емкостей в течение года, что может быть использовано в качестве входной информации в задаче оптимизации материально-технического снабжения сельского хозяйства района (области). Увеличение выхода сельскохозяйственной продукции, определяемое по модели 1, может служить исходной информацией для задачи оптимизации перевозок этой продукции, в частности межобластных перевозок хлебных грузов и т. д.

Исходя из сказанного по поводу *внешних* связей системы моделей применения минеральных удобрений, следует отметить, что в ряде случаев и здесь необходима итеративная увязка решений.

Однако не всегда возможно по тем или иным причинам проведение расчетов по всем указанным выше моделям. Так, вместо использования модели 4 расчеты в системе можно проводить по более простой модели оптимизации структуры и использования транспортного парка — модели 4*, которая изложена в [13].

В ряде случаев некоторые модели следует детализировать. Так, расчеты по модели 1 определяют в числе решаемых вопросов *основную* потребность животноводства в минеральных удобрениях; благодаря их применению под зерновые и кормовые культуры растет кормовая база. Но это — *косвенное* влияние минеральных удобрений на подъем животноводства. В то же время некоторые виды удобрений *непосредственно* используются в животноводстве в качестве кормовых добавок. Для этих целей потребляется незначительная часть общей поставки сельскому хозяйству минеральных удобрений. Но в принципе этот факт можно учесть путем детализации условий модели 1 по модели оптимизации химизации животноводства, описанной, например, в [14]. Эта модель учитывает наряду с косвенным влиянием удобрений на подъем животноводства и непосредственное. Расчеты по ней позволят также уточнить потребность хозяйств в удобрениях, используемую при расчетах в модели 2.

В заключение анализа взаимосвязей моделей следует отметить, что расчеты в системе моделей дают возможность приблизить локальные оптимумы частных задач к народнохозяйственному, поскольку исходные данные в таких задачах (например, потребности в удобрениях в модели 2) определяются из подсистемы моделей народного хозяйства, которой является, в частности, система моделей производства и применения минеральных удобрений. Естественно, что такое приближение следует рассматривать не в смысле соответствия критериев оптимальности частных задач народнохозяйственному, а в смысле народнохозяйственного обоснования информации, поступающей в звенья низшие от высших.

3. НЕКОТОРЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ЦЭМИ АН СССР совместно с ВИМ ВАСХНИЛ и Мособлпланом были проведены прикладные расчеты в системе моделей применения минеральных удобрений на примере Раменского района Московской области. В расчетах использовались модели 1, 2, 4* и 5. Результаты определялись на год, перспективный ко времени проведения расчетов. Вот некоторые итоги этой работы.

Так, задача по модели 2 решалась в двух вариантах: 1) при отражении в модели только наземного способа внесения туков (наземный вариант); 2) при использовании авиации для внесения минеральных удобрений в отдельные периоды года (авиационный вариант).

Перед этими расчетами на основе моделей 4* и 5 были определены возможные направления использования технических средств для транспортировки и внесения туков. Было установлено, что ограниченное число автопоездов не может принять участие в перевозках удобрений в этом районе. Поэтому они были исключены из исходной информации в модели 2, хотя при менее ограниченном их числе, возможно, автопоезда были бы эффективны в отдельных направлениях перевозок удобрений. Аналогично установлено, что из числа возможных авиационных средств для внесения туков в районе целесообразно использовать самолеты АН-2.

На основе модели 1 определялось распределение лимита минеральных удобрений по хозяйствам района.

Решение задачи по модели 2 показало, что суммарные приведенные затраты в авиационном варианте по сравнению с наземным оказались в 2,9 раза больше, что объясняется относительно высокими приведенными затратами по доставке и внесению удобрений самолетами.

Однако сравнительную эффективность этих вариантов нельзя определить только на основе показателя приведенных затрат. Необходимо учитывать также повышение урожайности от применения удобрений, поскольку использование авиации дает возможность вносить удобрения в лучшие агротехнические сроки, что не всегда достижимо при помощи наземных средств. В таких случаях применение авиации более эффективно. Поэтому оптимальный вариант можно определить только на основе сопоставления результатов действия удобрений и затрат по их применению. Это можно сделать на основе показателя приведенного чистого дохода, который образуется из стоимости прибавки урожая от применения минеральных удобрений за вычетом приведенных затрат по их использованию. Стоимость прибавки урожая в районе рассчитывалась с использованием результатов решения задачи по модели 1. Оно, в частности, показало необходимость преимущественного внесения минеральных удобрений под кормовые культуры, а также под зерновые, картофель и овощи.

Решение задачи по моделям 1 и 2 показало, что приведенный чистый доход от применения минеральных удобрений для условий Раменского района в авиационном

варианте оказался больше, чем в наземном. Такой факт объясняется *превышением* увеличения стоимости дополнительного урожая от внесения удобрений в оптимальные агросроки авиацией над увеличением затрат в авиационном варианте.

Итак, мы рассмотрели некоторые результаты расчетов по системе моделей. Естественно, что для проведения расчетов по системе моделей в полном объеме требуется алгоритм итеративной взаимоувязки этих расчетов. Однако независимо от окончания работ над данным алгоритмом представляет интерес расчет по системе моделей и без итеративной увязки (в пределах одной итерации при последовательном использовании результатов решения задачи предыдущего звена в качестве исходной информации в задаче последующего звена). Результаты такой работы и приведены выше. Интерес к ее проведению в пределах одной итерации объясняется тем, что составление плана в том объеме, в котором он получен из системы моделей, невозможно на основе одной модели. Это вытекает из того, что оптимизировать одновременно в одной задаче в комплексе и действие удобрений на урожай, и средства (с учетом возможности их универсального использования), способы и сроки их применения практически невозможно на современных ЭВМ.

Проведение таких расчетов в широком масштабе по различным регионам страны особенно эффективно в условиях наличия автоматизированной системы управления (АСУ). Предлагаемая система моделей могла бы лечь в основу создания функциональной подсистемы АСУ химизацией сельского хозяйства. В этой системе моделей используются методы линейного программирования и математической статистики, причем последние применяются либо для расчетов отдельных параметров задач линейного программирования, либо в качестве ограничений этих задач. Это дает возможность учитывать принцип *типизации* при разработке математического обеспечения АСУ и организации массивов информации, который является одним из основных принципов при проектировании АСУ [15]. А это, в свою очередь, позволит более эффективно использовать вычислительную технику, что в конце концов даст возможность учитывать при реализации системы моделей большее количество или более подробную классификацию факторов химизации сельского хозяйства.

Наиболее целесообразно проводить расчеты по химизации сельского хозяйства в рамках отраслевой АСУ сельским хозяйством, всесторонне отражающей процесс сельскохозяйственного производства, работы над созданием которой уже ведется. Но создание отраслевой АСУ сельским хозяйством — трудоемкий и длительный процесс, поэтому на первом этапе можно и нужно создавать более простые АСУ, как, например, АСУ химизацией сельского хозяйства. Опыт их работы, а также системы моделей, лежащие в основе таких АСУ, могут быть использованы для более качественного подхода к созданию отраслевой АСУ сельским хозяйством.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. В. Канторович. Математические оптимальные модели в планировании развития отрасли и в технической политике. В сб. Доклады на Всесоюзной конференции по применению экономико-математических методов и ЭВМ в отраслевом планировании и управлении. Новосибирск, 1966 (Ин-т математики Сиб. отд. АН СССР).
2. Г. В. Пронин, А. В. Тюленев. Оптимальное планирование растениеводства в районе. В сб. Экономика. Тр. I Московской конференции молодых ученых. М. «Наука», 1967.
3. Р. Г. Кравченко. Экономико-математические модели задач по сельскому хозяйству. М., «Экономика», 1965.
4. Р. Г. Кравченко, И. Г. Попов, С. З. Толпекин. Экономико-математические методы в организации и планировании сельскохозяйственного производства. М., «Колос», 1967.
5. И. Г. Попов. Математические методы в экономических расчетах по сельскому хозяйству. М., «Колос», 1964.
6. Б. И. Исаков, А. А. Гусев. Методика оптимизации производственно-финансовых и организационно-технических планов сельскохозяйственных предприятий. В сб. [2].
7. Методические рекомендации по проектированию оптимальных грузопотоков минеральных удобрений и размещению складов для их хранения. М., 1969 (ЦЭМИ АН СССР).
8. Определение состава машинно-тракторного парка с использованием математического программирования. М., «Колос», 1966.
9. Г. Матвейко. Математические методы и планирование работы сельскохозяйственной авиации. Научн. доклады высш. школы. Экон. науки, 1967, № 4.
10. Экономические проблемы химизации сельского хозяйства. М., «Наука», 1968.
11. Оптимизация структуры производства и использования минеральных удобрений. М., 1968 (ЦЭМИ АН СССР).

12. Основные положения оптимального планирования развития и размещения производства. М.— Новосибирск, «Наука», Сиб. отд., 1968.
13. Л. Ф. Кормаков. Исследование экономической эффективности автомобильного и тракторного транспорта в сельскохозяйственном производстве. Автореф. дис., МИЭИ им. Серго Орджоникидзе, М., 1965.
14. В. А. Едемский, М. Назиров, В. И. Афанасьев, В. Н. Айдин. Экономико-математические методы в решении проблемы экономической эффективности химизации животноводства. В сб. [10].
15. В. М. Глушков. Основные принципы построения автоматизированных систем управления. Киев, 1969 (Госплан УССР. АН УССР).

Поступила в редакцию
31 X 1969

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

М. И. СУШКЕВИЧ

(Москва)

Пусть заданы дифференцируемые функции $\bar{f}_j(\bar{x}_j)$, $j = 1, 2, \dots, k$, выпуклые вниз, так что $\bar{f}'_j(\bar{x}_j)$ — монотонно возрастающие функции \bar{x}_j . Требуется отыскать набор значений \bar{x}_j^* (план), удовлетворяющий условиям

$$\sum_{j=1}^k \bar{x}_j^* = \bar{C} \quad (1)$$

и

$$0 \leq a_j \leq \bar{x}_j^* \leq \beta_j, \quad j = 1, 2, \dots, k, \quad (2)$$

и обеспечивающий минимум функции цели задачи $\bar{F} = \sum_{j=1}^k \bar{f}_j(\bar{x}_j)$.

Во-первых, невырожденным линейным преобразованием $\bar{x}_j = \frac{\beta(\bar{x}_j - a_j)}{\beta_j - a_j}$ можно

заменить условие (2) единым для всех \bar{x}_j условием

$$0 \leq \bar{x}_j \leq \beta. \quad (2')$$

Условие (1) при этом примет вид

$$\sum_{j=1}^k d_j \bar{x}_j = \bar{C}, \quad d_j > 0, \quad j = 1, 2, \dots, k. \quad (1')$$

Положим далее $d_j \bar{x}_j = x_j$. В результате этих двух линейных преобразований сохраняется выпуклость функций $f_j(x_j)$, ибо при $\bar{x}_j \rightarrow x_j$ монотонность (и непрерывность) $f'_j(\bar{x}_j)$ не нарушается. Так как $\bar{F}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_k) = F(x_1, x_2, \dots, x_k)$, то задача сво-

дится к отысканию плана x_j^* , $j = 1, 2, \dots, k$, минимизирующего сумму $\sum_{j=1}^k f_j(x_j)$

при условиях

$$\sum_{j=1}^k x_j = C \quad (1'')$$

и

$$0 \leq x_j \leq \beta_j, \quad (2'')$$

т. е. к решению обычной задачи на условный экстремум с дополнительным ограничением (2'').