

904  
М 719

Г. М. Мкртчян

Методы оценки  
эффективности  
ОСВОЕНИЯ  
ПРИРОДНЫХ  
РЕСУРСОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

06  
АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ  
И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Г. М. МКРТЧЯН

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОСВОЕНИЯ  
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Ответственный редактор  
д-р техн. наук *Ю. И. Максимов*



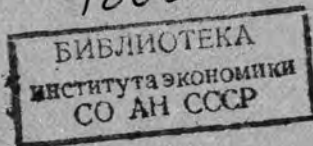
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
Новосибирск · 1984

Мкртчян Г. М. Методы оценки эффективности освоения природных ресурсов.— Новосибирск: Наука, 1984.

В монографии рассматриваются теоретические, методологические и методические вопросы оценки эффективности освоения природных богатств. Показано влияние отдельных факторов на величину экономической оценки, особенности оценки различных видов ресурсов. Предложены методы экономической оценки как отдельных видов природных ресурсов, так и их территориальных сочетаний, исследованы возможности экономико-математических моделей в решении этих вопросов.

Книга рассчитана на научных и плановых работников, а также преподавателей и аспирантов экономических вузов.

Рецензенты: В. И. Ботвинников, Б. Б. Розин



М 0604020102—836 79—84—III. © Издательство «Наука», 1984 г.  
042(02)—84

## Глава 1

### СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

#### § 1. РОЛЬ ПРИРОДНОГО ФАКТОРА В РАЗВИТИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Природные ресурсы, окружающая нас среда являются основой общественного развития. Роль природных ресурсов проявляется прежде всего в производстве, где они выступают материальной предпосылкой трудовой деятельности людей. Трудно назвать продукт труда, который бы не был производным от природных материалов.

К. Маркс определял труд как «процесс, совершающийся между человеком и природой, процесс, в котором человек своей собственной деятельностью опосредствует, регулирует и контролирует обмен веществ между собой и природой»<sup>1</sup>. Человек и его труд на одной стороне, природа и ее материалы — на другой — вот факторы, необходимые и одинаково общие для всех форм производственной деятельности. Другими словами, труд не есть единственный источник богатства. К. Маркс подчеркивал, что «природа в такой же мере источник потребительных стоимостей (а из них-то ведь и состоит вещественное богатство!), как и труд, который сам есть лишь проявление одной из сил природы, человеческой рабочей силы»<sup>2</sup>.

Вступая во взаимоотношения с природой, преобразовывая ее элементы и силы в ходе производственной деятельности в материальные блага для удовлетворения своих потребностей, человек всегда находится в определенной системе общественных отношений. Поэтому связь его с природой никогда не следует рассматривать в абстрактном виде, а лишь в исторически определенных рамках общественного развития.

Роль природного фактора в производстве не есть нечто постоянное, внеисторическое. Значение отдельных видов

<sup>1</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. (здесь и везде далее), т. 23, с. 188.

<sup>2</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 19, с. 13.



природных ресурсов, их функции в качестве средств производства определяются конкретными историческими условиями. «Каждая вещь есть совокупность многих свойств и поэтому может быть полезна различными своими сторонами. Открыть эти различные стороны, а следовательно, и многообразные способы употребления вещей,— писал К. Маркс,— и есть дело исторического развития»<sup>3</sup>.

Хотя природа производит немало жизненно необходимых человеку продуктов, которые могут потребляться в первоначальном виде, но они далеко не обеспечивают всех потребностей человека. Не находя в окружающей среде необходимого количества продуктов для своего существования, люди производят их из веществ этой среды, из предметов природы, через производственный процесс, образуя их в продукты для конечного потребления. Всякий необходимый продукт или предмет, «...который мы не находим в природе в готовом виде, всегда должен создаваться при посредстве специальной, целесообразной производительной деятельности, приспособляющей различные вещества природы к определенным человеческим потребностям»<sup>4</sup>.

Развивающееся материальное производство ставит общество в новое отношение к веществам природы и дает им иную, чем прежде, оценку. В силу этого одни и те же предметы и явления природы на разных этапах исторического развития имеют различную общественную полезность. Так, например, уголь и руда сотни миллионов лет пролежали в недрах земли, но стали играть существенную роль в развитии производства лишь тогда, когда созрели условия для их использования. Месторождения урана, не имевшие ранее никакого практического значения, приобрели в настоящее время исключительную ценность в связи с получением и использованием атомной энергии.

Взгляд на природу, оценка ее элементов и их свойств с позиций развития общественного производства изменяются с ростом научно-технического прогресса. Происходит это, во-первых, потому, что углубляются и расширяются знания о самих ресурсах, открываются новые, неизвестные ранее свойства природных материалов, существенные для использования в каких-то сферах производства. Во-

вторых, именно техническое совершенствование производства создает возможности вовлечения в производственные процессы ранее не использовавшихся элементов и сил природы, вызывает потребности в новых материалах и источниках энергии, и человек находит многие нужные ему вещества и силы в природе.

Таким образом, взаимодействие общества и природы — процесс естественно-исторический, и всякий переход в нем есть не просто новый этап использования природных материалов, но представляет собой общественное явление, связанное с изменением значения отдельных видов природных ресурсов для общественного производства.

Рассмотрение производства определенного периода позволяет выявить конкретные формы воздействия природного фактора на процесс воспроизводства. А. А. Мицц различает качественные и количественные формы этого воздействия<sup>5</sup>.

Качественное влияние проявляется в том, что природные ресурсы могут либо препятствовать, либо являться основой возникновения и дальнейшего развития производств, использующих те или иные виды ресурсов, на определенных территориях. Наличие природных ресурсов не создает абсолютной необходимости их использования, в то время как отсутствие ресурсов в некоторых местах представляет абсолютное препятствие для развития соответствующих производств. В данном случае природные ресурсы выступают прежде всего как фактор размещения общественного производства: в принципе каждому территориальному сочетанию естественных ресурсов соответствует определенное сочетание производств. Кроме того, имеются уникальные виды естественных ресурсов, не заменяемые пока никакими другими видами, и наличие или отсутствие таких ресурсов является существенным для развития общественного производства.

Количественное воздействие природного фактора связано, во-первых, с абсолютными размерами источников ресурсов, определяющими возможные масштабы производств, для которых данный ресурс служит сырьем. Во-вторых, оно проявляется в так называемой «естественной производительности труда» (в отличие от общественной),

<sup>3</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 43—44.

<sup>4</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 51.

<sup>5</sup> Мицц А. А. Содержание и методы экономической оценки природных ресурсов.— В кн.: Оценка природных ресурсов.— М.: Мысль, 1968. (Вопросы географии, № 78).



которая различна на единицу объема ресурсов в зависимости от их качества при прочих равных условиях. В-третьих, количественное влияние природных ресурсов проявляется в природно-обусловленных различиях в затратах труда на единицу продукции, полученной при использовании одноименных или взаимозаменяемых ресурсов. Так, например, различия в затратах труда на добычу сырья в зависимости от ее сложности обуславливают и неодинаковые затраты живого и овеществленного труда на производство конечной продукции.

Количественное влияние природного фактора непосредственно связано с техническими условиями данного периода. Все рассмотренные формы этого влияния в конечном счете получают одно экономическое измерение, выражаются в различном уровне производительности труда при использовании разных источников природных ресурсов.

Таким образом, степень обеспеченности естественными ресурсами, их различия по качеству, условиям освоения и местоположению оказывают существенное влияние на эффективность развития производства. Относительно лучшие природные условия и качество природных ресурсов обеспечивают более высокую естественную производительность общественного труда, создавая при этом предпосылки для экономического роста, а использование этих предпосылок зависит от самих принципов и способов хозяйствования.

Наиболее сильное влияние природные условия оказывают на размещение производства, особенно отраслей первичного производства, основанных на непосредственном использовании природных ресурсов и потому территориально тяготеющих к местам их локализации. Сюда относятся не только добывающие отрасли, предприятия которых непосредственно привязываются к источникам ресурсов, но и перерабатывающие, использующие помимо основного сырья также вспомогательные, комплексирующие ресурсы. Здесь большое значение имеют также масштабы локализованных запасов и сочетания ресурсов, сконцентрированных на определенной территории.

Из сказанного следует относительность влияния природного фактора на производительность труда в отдельных отраслях. Ясно, что климатические условия для отраслей, производство которых связано с биологическими процессами, имеют существенное значение. Особое место

в этом отношении принадлежит сельскохозяйственному производству. Практически основные факторы, определяющие уровень результативности сельскохозяйственного производства (климатический фактор, пригодность земли для выращивания той или иной культуры и т. д.), остаются вне сферы производственного воздействия. Если для некоторых отраслей промышленности разница в климатических условиях районов их размещения выражается в различиях капитальных и текущих затрат, то для сельскохозяйственных предприятий вряд ли за счет более или менее обозримых затрат можно обеспечить равные условия для получения одного и того же урожая. В сельском хозяйстве соотношение динамики производительности труда и фондоемкости во многом определяется природными условиями, и в частности плодородием почвы, а также погодными условиями конкретного года.

Аналогичное положение в отраслях добывающей промышленности, в целом наиболее капиталоемких: внутри каждой из них названные показатели сильно дифференцированы по предприятиям в зависимости от местоположения источников ресурсов. В данном случае проблема организации соответствующего производства сопряжена с решением вопросов окупаемости капитальных вложений, соизмерения затрат на транспортировку сырья и готовой продукции и т. п.

Основной особенностью развития отраслей, непосредственно связанных с использованием природных ресурсов, следует считать общую для них тенденцию вовлечения в производство с ростом его масштабов все более трудных для освоения и эксплуатации источников сырья.

Говоря о взаимоотношениях общества с природой, нельзя ограничиться рассмотрением только одной их сторон, а именно природопользования. Эти взаимоотношения — процесс двусторонний, так как люди своей деятельностью вносят в природу определенные изменения, последствия которых могут быть как полезными, так и вредными и для природы, и для человека.

Природные ресурсы и условия существования человеческого общества состоят из тесно взаимосвязанных и взаимообусловленных элементов. Изменения, происходящие в одном из этих элементов, как естественные, так и под воздействием производственной деятельности людей, ведут к изменению других и в значительной степени оказывают влияние на функционирование производитель-

ных сил общества, а тем самым и на возможности экономического роста в зависимости от того, как успешно общество может за счет определенных мероприятий предотвратить отрицательные последствия этих изменений.

Развитие многих видов промышленного производства, если оно осуществляется без учета требований экологии, ведет к разрушению ценных сельскохозяйственных земель, к загрязнению водоемов и воздушного бассейна. Это, в свою очередь, влечет за собой нарушение условий нормального функционирования отдельных отраслей, недобор сельскохозяйственных продуктов, снижение сроков службы оборудования, повышение заболеваемости людей. И становится очевидным, что необходима такая организация использования элементов природы, которая бы позволяла увеличивать производство материальных благ без ущерба для нормального функционирования природных систем, а значит, и без отрицательного воздействия хозяйственной деятельности людей на окружающую среду.

Степень обратного влияния человека на природу увеличивается вместе с ростом общества и ускорением научно-технического прогресса. И если еще в прошлом веке уровень развития материального производства не требовал в качестве объективно необходимого условия существования всего человечества учета отдельных последствий социально-производственного вмешательства общества в природу, то со второй половины двадцатого века такой учет становится неотложной, жизненно важной проблемой. Это связано с весьма существенным изменением характера взаимодействия общества с природой в эпоху научно-технической революции. Здесь уместно следующее сравнение: «Воздействие человека на окружающую природную среду по своим масштабам, интенсивности и сложности стало сопоставимо с геологической силой»<sup>6</sup>.

Увеличивая масштабы традиционных видов производства, научно-технический прогресс обуславливает рост потребности в исходном сырье. Добыча известных видов минерального сырья, заготовки древесины, использование воды в производственных процессах увеличиваются сегодня невиданными ранее темпами. Так, потребление важнейших видов минерального сырья в промышленно развитых капиталистических странах в 1980 г. по сравнению

с 1975 г. возросло: нефти — примерно на 18%, газа — на 17, угля — на 23, железной руды — на 30% и т. д. Эта тенденция будет сохраняться в ближайшие несколько десятков лет. В любом случае появление новых источников энергии и заменителей традиционных материалов повлечет за собой использование для их получения новых видов природных ресурсов, которые для конечного потребления должны будут проходить через процессы производства.

Научно-технический прогресс ведет и к созданию новых отраслей — потребителей природных ресурсов. К последним можно отнести атомную энергетику, космическую, электронную, радиотехническую и многие другие. Их развитие обуславливает рост потребности в редких элементах, извлекаемых в настоящее время из рудного сырья в сравнительно ограниченном количестве, и в других видах полезных ископаемых, служащих в названных отраслях сырьем.

Следует отметить, что в последнее время наряду с интенсификацией потребления естественных ресурсов резко увеличивается производство синтетических материалов, часто заменяющих натуральные. Этот процесс сдерживает потребление природных материалов, но их вытеснение искусственными и синтетическими происходит частично и только в тех областях, где искусственные материалы дешевле натуральных и не уступают им по качеству. В целом же процесс химизации выступает фактором увеличения потребности в природных ресурсах, поскольку само производство искусственных и синтетических продуктов базируется на природном сырье.

Ограниченность запасов природных ресурсов и непрерывный рост и увеличение масштабов производства приводят к возникновению противоречий между обществом и природой. Ф. Энгельс писал: «Не будем, однако, слишком обольщаться нашими победами над природой. За каждую такую победу она нам мстит. Каждая из этих побед имеет, правда, в первую очередь те последствия, на которые мы рассчитываем, но во вторую и третью очередь совсем другие, непредвиденные последствия, которые очень часто уничтожают значение первых»<sup>7</sup>.

Интенсивное природопользование без поддержания динамического равновесия в природе как основе развития общества имеет серьезные последствия. Темпы естествен-

<sup>6</sup> Боровских Б. А. Планирование природопользования. — М.: Экономика, 1979, с. 6.

<sup>7</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 496.

ного воспроизводства природы несравнимы с темпами использования человеком ее богатств. В настоящее время отмеченное противоречие достигает особой остроты и проявляется в истощении или угрозе истощения запасов некоторых видов полезных ископаемых и в загрязнении окружающей среды. Обеспечение дальнейшего экономического роста в этих условиях связано с дополнительными затратами общественного труда на разведку и освоение новых месторождений сырья, а также на предотвращение нарушений в состоянии природных систем в результате бурного развития производительных сил.

Между тем в начальный период научно-технической революции отношение человека к природе было односторонним, предусматривавшим только пользование ее богатствами. Оно основывалось, по существу, на представлении о неограниченности природных ресурсов и способностей природы к саморегуляции. Такое понимание природы на практике приводило к потребительскому отношению к ее ресурсам, когда их хозяйственное использование ориентировалось на получение максимального экономического эффекта.

Экономический рост не всегда направлен на расширение возможностей обеспечения общественных потребностей. Зачастую он создает предпосылки уменьшения в дальнейшем своих темпов. В этом отношении П. Г. Олдак пишет: «Любой рост производства не только увеличивает наши возможности (создавая новые хозяйственные блага), но и уменьшает их (сокращая резерв бесплатного пользования потенциалом природных систем и требуя возрастающих затрат труда на поддержание равновесия природных систем)»<sup>8</sup>. Это, конечно, не означает, что любой рост производства должен быть приостановлен. Однако возникновение таких глобальных проблем, как дефицит природных ресурсов, загрязнение окружающей среды, показывает, что высокие темпы роста производства не могут быть обеспечены надолго, если не осуществлять мероприятия по их регулированию с учетом ограничительных факторов природной среды.

Социальный и научно-технический прогресс в условиях социализма обеспечивает существенные сдвиги в производстве и вносит глубокие изменения в характер труда

и производства, а также в средства и формы удовлетворения растущих потребностей общества. Плановость развития социалистической экономики создает реальную возможность предвидеть, планировать и использовать с наибольшей социально-экономической эффективностью не только экономические, но и социальные результаты производства. Социалистические производственные отношения, основанные на общественной собственности на землю и средства производства, и плановая система хозяйствования создают необходимые предпосылки для гармоничного сочетания высоких темпов экономического развития с рациональным использованием природных ресурсов и охраной окружающей среды, но для их реализации необходима разработка соответствующих форм хозяйствования и управления.

## § 2. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Плановая система хозяйствования составляет главную предпосылку рационального использования, охраны и воспроизводства естественных ресурсов в целях наиболее полного удовлетворения потребностей народного хозяйства и общества, охраны здоровья и повышения благосостояния населения, создания базы и условий для нормальной жизнедеятельности будущих поколений. Планирование природопользования предполагает оптимизацию взаимодействия общества и природы, в процессе которой предусматривается отразить отношение нынешнего поколения к грядущим. Будущие поколения помимо производственных и непроизводственных фондов, а также достижений науки и культуры наследуют и природу. Поэтому отношение общества к природе должно строиться на основе не только устранения отрицательных воздействий производства на окружающую среду, а главным образом заблаговременного предупреждения этих воздействий.

Столкновение объективных законов природы и общественного развития приводит к определенным сложностям в планировании природопользования. Прежде всего, помимо более или менее управляемых социально-экономических процессов объектами планирования становятся природные явления, в которых применение общественного

<sup>8</sup> Олдак П. Г. Сохранение окружающей среды и развитие экономических исследований. — Новосибирск: Наука, 1980, с. 44.



труда незначительно по сравнению с действием сил природы.

Кроме того, в отличие от машин, зданий и сооружений природные ресурсы в прежнем качестве, а некоторые их виды и абсолютно невоспроизводимы и характеризуются сравнительной ограниченностью естественных запасов в природе. Резкое сокращение их производственного потребления невозможно, а переход к использованию новых, ранее не задействованных ресурсов с целью возмещения недостатка запасов через заменители связан с реализацией долгосрочных программ научно-технического прогресса.

Происходящие в условиях современной научно-технической революции качественные изменения во взаимоотношениях человека с окружающей природной средой определяют необходимость формирования на всех уровнях планирования — народнохозяйственном, отраслевом, уровне объединений и предприятий — наряду с пропорциями общественного воспроизводства пропорций, связанных с охраной природы и поддержанием нормального функционирования условий жизнеобеспечения общества (экологических процессов).

Охрана природы должна осуществляться с не меньшей технической вооруженностью, чем ее эксплуатация. Эффективную защиту окружающей среды обеспечивают комплексное, т. е. разностороннее, безотходное или малоотходное использование природных ресурсов; внедрение технологических процессов, исключающих вредные отходы; широкое применение биологических средств очистки водоемов, замкнутых циклов, безводных технологических процессов, бессточных и оборотных систем водоснабжения и т. д.

В связи с изложенным следует согласиться с определением планирования как сознательно направляемого взаимодействия «общества с природой, в процессе которого достигается наиболее полное удовлетворение потребностей трудящихся в рамках сохранения цельности всего природного комплекса биосферы»<sup>9</sup>. Такое определение планирования в условиях общественной собственности на средства производства и единого государственного руководства социально-экономическими процессами предполагает усиление экологического аспекта в планировании и

управлении и опирается на тот общеизвестный факт, что базой существования общества служит окружающая природная среда.

Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей природной среды от производственного воздействия, прежде всего промышленных загрязнений, должны рассматриваться в единстве с проблемами оптимального развития и размещения общественного производства. Методологической основой такого единства служит экономическая оценка принимаемых в этой области организационных, технических и плановых решений с позиций их народнохозяйственной эффективности. Основными аргументами в пользу этой концепции выступают следующие.

Во-первых, запасы почти всех видов природных ресурсов естественного состояния ограничены, что, в свою очередь, обуславливает широкую разработку и использование технологий возобновления запасов некоторых их видов. В этом случае природные ресурсы вряд ли могут рассматриваться как «даровые». Например, естественные водоемы по сравнению с искусственными с точки зрения овеществленного в них живого труда являются «даровыми» и могли бы быть использованы бесплатно, тогда как искусственные водоемы обладают некоторой стоимостью и не могут эксплуатироваться без определенной платы.

Во-вторых, основу промышленных загрязнений составляют неиспользованная часть сырья, на добычу и подготовку к производственному потреблению которого затрачены народнохозяйственные средства, а также отходы обрабатывающих отраслей. При организации соответствующих производств из таких отходов можно получать полезную для народного хозяйства продукцию.

В-третьих, все виды природных ресурсов взаимосвязаны, и потому воспроизводство одних из них не может обойтись без ущерба для других ресурсов и тем самым без влияния на экономическую эффективность функционирования на данной территории отраслей хозяйства, использующих эти ресурсы.

Народнохозяйственный подход при оптимизации развития и размещения общественного производства открывает конструктивные возможности выбора наиболее оправданных плановых решений, обеспечивающих полное использование природных ресурсов и продуктов их переработки в увязке с эффективностью мер по охране окру-

<sup>9</sup> Раяцкас Р. Л., Суткайтис В. П. Окружающая среда и проблемы планирования. — М.: Наука, 1981, с. 10.

жающей среды от производственного воздействия и промышленных загрязнений.

С повышением уровня развития производительных сил и ускорением научно-технического прогресса влияние различных факторов как на рост производства, так и на его размещение может измениться. Поэтому экономическая оценка каждого из воздействующих на производство факторов должна рассматриваться в динамике с учетом возможных изменений его влияния в отдаленной перспективе. Таким образом, исходным моментом прогнозирования общественного производства является оценка всех важнейших элементов воспроизводственного процесса и установление четкой взаимосвязи между ними на основе приоритетности целей и задач. Такой подход обусловлен тем, что масштабы народного хозяйства непрерывно увеличиваются, усложняются действующие в нем организационные, экономические, технологические связи, расширяются возможности и средства решения производственных, научно-технических и социально-экономических задач. Важнейшее место в его реализации занимают методы разработки долгосрочных планов развития народного хозяйства на всех уровнях, опирающиеся на детальную оценку сложившихся тенденций развития и размещения производительных сил и основных задач социально-экономического развития страны в предстоящем периоде. Особое значение имеет при этом прогнозирование размещения общественного производства, которое в процессе планирования выполняет функцию предвидения путей социально-экономического развития отдельных регионов в тесном взаимодействии с экономическим и социальным развитием страны в целом.

Территориально-отраслевая структура общественного производства формируется в соответствии с научно обоснованными принципами размещения производительных сил с учетом территориальных, отраслевых и социальных факторов. Их взаимосвязанность и степень влияния на принимаемые решения определяются технико-экономическими особенностями отдельных отраслей и сопряженных с ними производств, а также конкретными условиями развития и размещения производительных сил страны в прогнозируемом периоде.

Сырье и материалы являются важнейшими элементами производственных затрат в промышленности, и в перспективе их значение не уменьшится, а скорее всего увели-

чится. Рассмотрение в динамике структуры себестоимости промышленной продукции показывает тенденцию непрерывного роста доли сырья и материалов, которая в настоящее время составляет 60—85%. Отмеченная тенденция является следствием высокого уровня затрат в развитии сырьевой базы промышленности и повышенной материалоемкости ряда производств.

Для всех отраслей промышленности важнейшее значение имеют: сырьевой, топливно-энергетический, водный, климатический факторы, распределение потребителей продукции, наличие объектов производственной инфраструктуры, обеспеченность трудовыми ресурсами, комплексом услуг социальной инфраструктуры. Это означает, что рациональное размещение промышленности в целом и ее отдельных отраслей в основном подчинено направлениям развития минерально-сырьевой базы с учетом отраслевых и региональных особенностей сырьевого баланса, состоянию и перспективе формирования топливно-энергетического комплекса и водного баланса страны и ее отдельных территорий, уровню развития производственной и социальной инфраструктуры, обеспечению трудовыми ресурсами и квалифицированными кадрами. Поэтому, прогнозируя развитие регионального хозяйственного комплекса, необходимо в первую очередь изучить и дать всесторонний экономический анализ перечисленных факторов, и прежде всего природных, как в отраслевом, так и в региональном аспекте.

В этой связи возрастает значение прогнозирования развития минерально-сырьевой базы производства, особенно оценки и учета качества исходного сырья, определения очередности и экономической целесообразности вовлечения в хозяйственный оборот того или иного его источника. Здесь следует исходить из того, что источники одного и того же вида сырья различаются величиной запасов, расположением на территории, сопутствующими видами сырья, горно-геологическими и климатическими условиями, физико-химическими свойствами полезных компонентов. Отсюда требование комплексного подхода к оценке значимости и выбору источников для вовлечения в хозяйственный оборот.

Если, например, рассматривать сырьевой фактор как составной элемент производственных процессов, то для организации каждого отдельного производства помимо основного вида сырья следует также учитывать комплек-

сирующие виды природных материалов и их взаимосвязь.

В условиях современной научно-технической революции долгосрочное планирование экономического развития невозможно без учета экологических эффектов. В этой связи особую актуальность приобретают разработка и внедрение в практику народнохозяйственного планирования методов прогнозирования и учета различных социально-экономических последствий воздействия производства на окружающую среду.

Социалистическому хозяйству органически присущ природоохранный тип расширенного воспроизводства. На разработку и проведение мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране природы в нашей стране направляются значительные средства. В 1971—1980 гг. государственные вложения в народное хозяйство СССР и в охрану природы и рациональное использование природных ресурсов составили (млрд. руб., в сопоставимых ценах):

	1971—1975	1976—1980
В народное хозяйство . . . . .	493,0	634,1
В мероприятия по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов . . . . .	6,255	9,282
В том числе		
в охрану и воспроизводство водных ресурсов . . . . .	4,642	7,102
в охрану воздушного бассейна . . . . .	0,622	0,837
Доля капиталовложений в охрану природы и рациональное использование природных ресурсов в суммарных вложениях в народное хозяйство, %	12,68	14,64

Следует, однако, отметить, что мероприятия по охране окружающей природной среды зачастую разрабатываются изолированно. Между тем все процессы в природе взаимосвязаны и взаимообусловлены. Поэтому в планировании природоохранной деятельности необходим учет ее межотраслевых связей и территориальных пропорций. Так, очистные сооружения, потребляющие электроэнергию, производимую на другом предприятии, уже создают источник загрязнения<sup>10</sup>.

В последние годы большое развитие получили отрасли науки, направления исследований которых заключаются

<sup>10</sup> Мазо А. А. Парадокс очистки.— Химия и жизнь, 1981, № 5, с. 33—35.

в глубоком изучении причинно-следственных аспектов природных явлений, как органических, так и неорганических. Результаты таких исследований позволяют разрабатывать рекомендации по соотношениям отдельных загрязнителей, а также по совершенствованию технологических процессов. Их учет при планировании развития и размещения производства способствует выбору рационального уровня его концентрации.

Всемерная экономия сырья и материалов — важнейшее направление рационализации природопользования на современном этапе. Воспроизводство природных ресурсов, в частности возобновимых, опосредствуется трудом, а также единовременными вложениями. По оценкам С. Я. Кагановича, доля горнодобывающего производства в показателях промышленности в целом составляет: в валовой продукции — 8%, в численности работающих — 15, в фонде заработной платы — 20, в производственных фондах — 25, в капитальных вложениях — 38%<sup>11</sup>. Экономия сырья и материалов обеспечивает, таким образом, снижение совокупных затрат общественного труда (живого и овеществленного), которое достигается за счет ускорения научно-технического прогресса как в природопользовании, так и в перерабатывающих отраслях хозяйства, увеличения срока службы оборудования, переработки вторичного сырья и т. д.

Территориальные аспекты планирования в наибольшей степени способствуют учету в плановых расчетах охраны природных богатств и окружающей среды, так как природные ресурсы в своем первоначальном виде «закреплены» за определенной территорией. Поэтому план природопользования имеет преимущественно региональный характер, его разработка должна опираться на территориальные аспекты планирования, которые позволяют рассматривать комплексные формы организации освоения природных ресурсов, обеспечивать единый технико-экономический подход к планированию освоения совокупности природных ресурсов, сосредоточенных на территории региона. Не случайно вопросы повышения эффективности использования природных ресурсов и охраны окружающей среды впервые рассматривались при разработке планов развития отдельных регионов.

<sup>11</sup> Каганович С. Я. Экономика минерального сырья.— М., 1975.



Вместе с тем нельзя в области природопользования игнорировать роль отраслевого планирования, тем более, что план развития хозяйства региона складывается как совокупность взаимосогласованных планов отдельных отраслей. При разработке отраслевых планов природопользование должно отражаться в технологическом аспекте — как более экономное расходование сырья, уменьшение и утилизация отходов. Что касается территориального планирования, то в нем получают отражение социально-экономические аспекты природопользования. Это предполагает разработку раздела народнохозяйственного плана «Охрана природы и рациональное использование природных ресурсов», направленного на обеспечение наиболее благоприятных экологических условий жизнедеятельности населения, усиление воспроизводственного потенциала мероприятий по природопользованию.

Большие возможности учета природных ресурсов, их воспроизводства, использования и охраны связаны с моделированием народного хозяйства и его отдельных звеньев. Экономико-математические модели позволяют комплексно рассмотреть вопросы природопользования, а также смежные с ними проблемы. В настоящее время многие специалисты предпринимают попытки учесть в известных моделях народнохозяйственного планирования факторы охраны окружающей среды и воспроизводства природных ресурсов<sup>12</sup>. К сожалению, нормативная база по природопользованию пока еще находится на стадии становления, и если на региональном и отраслевом уровнях планирования существует более или менее конкретная информация, то на народнохозяйственном уровне аналогичная статистика полностью отсутствует. Попытки учесть воспроизводство, рациональное использование и охрану природных ресурсов в межотраслевом балансе могут увенчаться успехом лишь при огромных затратах труда на создание нормативной базы, тем более что структура затрат на природоохранные мероприятия во всех отраслях материального производства принимается одинаковой.

В отраслевых моделях учет природоохранных мероприятий сводится к согласованию плана выпуска продук-

<sup>12</sup> См., например: Боровских Б. А. Планирование природопользования. — М.: Экономика, 1979; Прогнозирование социально-экономического развития региона: вопросы теории и методики. — М.: Наука, 1981, с. 122—140; Раяцкас Р. Л., Суткайтис В. П. Окружающая среда и проблемы планирования. — М.: Наука, 1981; и др.

ции с заданиями по качеству окружающей среды, т. е. с допустимыми уровнями промышленных загрязнений. В рамках региональных моделей обеспечивается более полный охват задач рационального природопользования. Это достигается включением в модели ограничений по мощностям предприятий различных отраслей, функционирующих в рассматриваемом регионе, отражением связей выпуска продукции с соблюдением качества окружающей среды и развитием сырьевой базы производства на долгосрочную перспективу.

Управление рациональным природопользованием требует разработки экономических вопросов этой специфической сферы народнохозяйственной деятельности. Необходимо не только экономическая оценка природных ресурсов, но и разработка методов расчета социально-экономической эффективности мероприятий по воспроизводству природных ресурсов и охране окружающей среды. Это будет способствовать повышению научной обоснованности народнохозяйственного планирования за счет учета, во-первых, ограниченности природных ресурсов, во-вторых, возможных потерь от их нерационального использования, в-третьих, затрат на природоохранные мероприятия.

### § 3. ОБЩИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Как уже отмечалось, природные ресурсы и условия оказывают значительное влияние на эффективность общественного производства, а также на формирование его отраслевой и территориальной структуры. Учет этого влияния при разработке планов развития всех звеньев народного хозяйства невозможен без экономической оценки природных ресурсов. Общественный характер и закономерность развития социалистического производства определяют необходимость оценки всех его факторов, в том числе и природного.

В социалистическом обществе экономическая оценка природных ресурсов есть не что иное, как непосредственно общественное выражение их потребительской стоимости, или полезности. Действительно, наличие какого-либо предмета не может быть объектом оценки при отсутствии непосредственной потребности общества в нем. Ценность предмета не является его естественным свой-

ством. Лишь в акте практического взаимодействия субъекта, обладающего какой-то потребностью, и объекта, наделенного свойством удовлетворять эту потребность, последний приобретает ценность для субъекта. Отсюда следует, что всякая оценка не имманентна ее объекту, а дается ему исходя из тех или иных внешних по отношению к объекту критериев.

В общем случае выделяются два различных понятия ценности природных ресурсов — в смысле удовлетворения определенной потребности человека и с точки зрения затрат труда на их получение. Соответственно этим понятиям различаются потребительная стоимость и стоимость природных ресурсов. Потребительная стоимость обладают все природные ресурсы и условия, имеющие непосредственное отношение к существованию человечества. Что касается ценности, выраженной стоимостью, то ее имеют те компоненты и силы природы, которые являются объектами общественного производства. Отсюда и вытекает понятие экономической, или стоимостной, оценки природных ресурсов.

Основной предпосылкой экономической оценки природных ресурсов является ограниченность их запасов. Уточним понятие ограниченности.

Даже при относительной неограниченности запасов природных ресурсов возникает проблема ограниченности их запасов, эффективных с точки зрения вовлечения в хозяйственный оборот. Следует далее различать ограниченность природных ресурсов в целом по стране и в различных ее районах. Дефицит отдельных видов ресурсов в тех или иных районах в значительной степени влияет на размещение общественного производства. Проблема территориальной организации производства в зависимости от наличия природных ресурсов усложняется также тем, что часто их запасы обнаруживаются в районах, значительно удаленных от пунктов потребления.

Почти все виды природных ресурсов универсальны, имеют многоцелевое назначение и в силу этого являются объектом эксплуатации одновременно для многих отраслей. Тем самым ограниченность их в каждый данный момент времени усиливается, и необходимы научно обоснованные оценки для рационального распределения этих ресурсов между различными сферами использования.

В условиях сохранения товарно-денежных отношений в социалистической экономике и функционирования об-

щественного производства в форме деятельности отдельных экономически обособленных хозяйственных единиц обязателен учет разнокачественности используемого сырья. Природные ресурсы оказывают существенное влияние на экономические показатели деятельности предприятий. А в производстве неизбежно использование одновременно природных условий и ресурсов разного качества, т. е. и худших, и лучших. Раз ограничены природные ресурсы вообще, то ресурсы одинакового качества тем более ограничены. При использовании разнообразных воспроизводимых средств производства в принципе есть возможность заменить худшие из них лучшими, но в случае невозможности воспроизводства ресурсов это исключено.

Естественные условия освоения и использования в народном хозяйстве источников природных ресурсов можно разделить на две следующие группы. Первую группу образуют: величина запасов, горно-геологические условия для источников полезных ископаемых, природные условия для земельных участков и лесных ресурсов, качество ресурсов в отдельных источниках — содержание того или иного компонента в сырье, плодородие земли, возможный выход конечной продукции, требуемые затраты на переработку и т. д. Вторую группу составляют условия, связанные с местоположением источников: обжитость местонахождения, наличие транспортных магистралей, расположение по отношению к потребителям, наличие необходимых видов ресурсов для организации переработки. Различия источников по перечисленным условиям определяют дифференциацию стоимости единицы однородных или взаимозаменяемых видов ресурсов. С течением времени эта дифференциация увеличивается в результате появления новых источников и возникновения заменителей.

Различия в производительности труда, обусловленные дифференциацией естественных условий источников ресурсов, не являются абсолютными, в значительной степени они зависят от уровня развития общественного производства. Научно-технический прогресс, разработка новых технологий, развитие производства на территории создают предпосылки для повышения производительности труда в отраслях природопользования и соответственно для повышения экономических оценок источников ресурсов, осваиваемых этими отраслями.

Объективно существующая дифференцированность

условий освоения природных ресурсов создает ограниченность их запасов с определенными условиями освоения. Растущая потребность общества в запасах природных ресурсов, эффективных с точки зрения их освоения и переработки, выступает следующей предпосылкой их экономической оценки.

Понятие ограниченности ресурсов тесно связано с понятием их воспроизводимости. Все ресурсы делятся на воспроизводимые и невоспроизводимые. Природные ресурсы невоспроизводимы, т. е. не могут быть созданы другие такие же.

Важно подчеркнуть, что все используемые в производстве ресурсы в каждый данный момент времени ограничены (иначе терялся бы всякий смысл любого прогресса). Но ограниченность воспроизводимых ресурсов меняется, только для этого необходимо время, которое существенно мало по сравнению с тем, какое требуется для естественных процессов. Ограниченность же невоспроизводимых ресурсов объективно обусловлена, и это является существенным экономическим фактором.

Различие между воспроизводимыми и невоспроизводимыми ресурсами в какой-то мере стирается при решении задач текущего периода, когда природные ресурсы можно рассматривать как воспроизводимые в том смысле, что появляются и вовлекаются в производство новые их источники, новые месторождения полезных ископаемых. И в этом смысле границы ограниченности природных ресурсов становятся подвижными: они расширяются по мере роста наших знаний о самих ресурсах и развития техники. Научно-технический прогресс увеличивает возможности освоения природы и использования многообразных полезных свойств ее компонентов. Но в каждый данный момент времени ограничены, во-первых, объемы ресурсов, вовлекаемых в производство, во-вторых, свойства природных веществ, используемые в производстве при технических условиях этого конкретного периода.

Следовательно, можно сказать, что в текущий момент времени природные и воспроизводимые ресурсы в определенном смысле аналогичны друг другу. Но различие между ними отчетливо выступает при рассмотрении перспективных проблем, для которых ограниченность природных ресурсов имеет принципиальное значение. И именно с этим фактом должно быть связано особое отношение к вопросам природопользования.

Основные задачи экономической оценки природных ресурсов конкретизируются в зависимости от вида ресурса и направленности его хозяйственного использования. Так, основная задача экономической оценки сельскохозяйственных земель состоит в определении экономического значения земли как главного фактора производства в сельском хозяйстве с точки зрения производительности почв и эффективности возделывания различных по качеству земель в разных зонах с различными климатическими условиями. Земля, отводимая под строительство, для горных выработок и для других целей, оценивается как всеобщее средство производства. Рассматривая всевозможные варианты использования земли во всех отраслях народного хозяйства, можно выбрать наилучший вариант с народнохозяйственной точки зрения. Эта задача должна решаться через соизмерение эффективностей и соответственно ущербов при использовании земли в различных целях, сопоставление отрицательных последствий от использования ее по новому хозяйственному направлению с положительными результатами.

При наличии такой оценки любое перераспределение земельных фондов может регулироваться возмещением потерь хозяйств, у которых земля изымается, за счет предприятий и организаций, которым она передается. Последние, в свою очередь, будут заинтересованы в использовании для своих нужд земель, непродуктивных с точки зрения сельского хозяйства. Например, располагая информацией о продуктивности участка земли и удельных затратах на его возделывание, можно подсчитать ущерб, наносимый сельскому хозяйству вследствие изъятия данного участка, или, во всяком случае, соизмерить этот ущерб с эффектом отрасли, занявшей данный участок под свои производственные нужды.

Экономическую оценку полезных ископаемых следует рассматривать как часть общей задачи изучения месторождений и их промышленного освоения. Оценка месторождений не может быть изолированной от оценки земельных ресурсов, так как земля в добывающей промышленности является резервуаром полезных ископаемых и, кроме того, ни одна горная выработка не обходится без использования земельной площади, которая могла бы служить и для других производственных целей. Отсюда необходимость соизмерения эффективности использования данного участка земли для организации добычи по-



лезных ископаемых и в сельском хозяйстве, лесозаготовке и т. п. Это говорит о том, что экономическая оценка, определенная для одних видов ресурсов, но при отсутствии таковой по другим, не создает всех возможностей для организации и управления их рациональным использованием.

В связи с возрастанием значения природных ресурсов в развитии производства и истощением их запасов при интенсивном использовании ресурсов особое значение приобретает определение стратегии развития минерально-сырьевой базы природопользующих отраслей: форсировать ли выработку лучших источников, игнорируя худшие по запасам месторождения, либо одновременно с лучшими начинать разрабатывать худшие.

В существующей практике планирования добывающих отраслей промышленности вопросы определения последовательности ввода месторождений в разработку решаются методом обычного перебора. Например, в нефтедобывающей промышленности по каждому месторождению решается ряд инженерных задач и определяются максимальное количество скважин, необходимых для разбуривания месторождений и отбора запасов, количество нагнетательных и водозаборных скважин, среднесуточный дебит, геометрия расположения по площади и т. д., т. е. определяется некоторый вариант разработки месторождения независимо от времени. Затем рассчитываются удельные затраты на добычу 1 т нефти, используемые как критерий, по которому и ранжируются месторождения. В зависимости от существующих мощностей буровых кофтор и дебитов скважин выбирается набор месторождений, который должен обеспечить заданный объем добычи по годам планового периода. Исходя из имеющихся и созданных мощностей буровых кофтор устанавливается и интенсивность разработки месторождений. А рекомендации об использовании ресурсов, т. е. базой для решения названных инженерных задач, служат геологические отчеты разведочных партий и составляемые на их основе технико-экономические доклады. Такой подход к определению последовательности ввода месторождений в разработку, казалось бы, лишен всяких недостатков. Однако если учесть, что рассматривается всего один вариант разбуривания месторождения, а интенсивности выработки определяются также без рассмотрения вариантов, то следует заметить, что полученный план разработки группы

месторождений может оказаться далеко не оптимальным.

Добыча полезных ископаемых в нашей стране растет высокими темпами. Но нередко из-за неправильной организации работ и отсутствия совершенных технологий значительная часть их остается в недрах. Кроме того, в готовую продукцию переходит лишь небольшая доля перерабатываемого сырья. Остальная часть в виде отходов возвращается в природную среду, загрязняя воздушный бассейн, водные объекты, землю. В результате некомплексной переработки сырья на некоторых предприятиях в отвалы направляется большое количество необходимых народному хозяйству продуктов. Слабо используются возможности утилизации полезных веществ из промышленных отходов.

Неполный отбор всех ценных компонентов из различных пород и недостаточная утилизация отходов отрицательно сказываются на сфере природопользования. Во-первых, в хозяйственный оборот приходится вовлекать новые источники сырья для обеспечения дополнительной потребности; во-вторых, как уже отмечалось, загрязняется природа, под отходы и отвалы отчуждаются большие земельные участки. Все это свидетельствует о необходимости и безотлагательности разработки мероприятий, направленных на совершенствование природопользования. Повышению эффективности использования природных ресурсов способствуют их экономическая оценка и создание на ее основе хозрасчетного механизма стимулирования рационального природопользования.

В условиях невоспроизводимости минеральных ресурсов повышение эффективности использования эксплуатируемых месторождений становится одним из путей удовлетворения возрастающей потребности народного хозяйства в сырье. Как сказывается отсутствие экономической оценки на экономических показателях разведки и эксплуатации полезных ископаемых? Продукция предприятий геологоразведки — это подготовленные запасы разных категорий. Им не присваивается денежная оценка, поэтому основными показателями плана производства геологоразведочных организаций служат объемы освоения средств и показатели прироста запасов полезных ископаемых в натуральном выражении. Стремление к выполнению или перевыполнению плана по разведке запасов в натуральных единицах иногда приводит к пере-разведке запасов, когда интенсивно наращиваются и

переводятся в высокие категории запасы, не требующиеся в данный момент народному хозяйству, а также к потере части запасов полезных ископаемых из-за недостаточной геологической изученности уже разрабатываемых месторождений. Но если бы результаты геологоразведочных работ определялись с учетом ценности выявленных запасов, то тщательное геологическое изучение уже разведанных и высокоэффективных месторождений было бы выгоднее, чем наращивание запасов под добычу в отдаленной перспективе.

Кроме потерь вследствие слабой геологической изученности имеются и потери, связанные с системой разработки месторождений. При подземной добыче угля в нашей стране применяются главным образом системы обрушения кровли, при которых величина эксплуатационных потерь угля в 2—3 раза выше, чем при разработке с закладкой выработанного пространства. Кроме того, добыча с обрушением кровли часто ведет к загромождению отвалами значительных территорий, образованию оползневых зон. Сравнение экономической эффективности этих двух систем ведется по себестоимости добычи угля, которая при системе с закладкой выработанного пространства выше, чем при системе с обрушением кровли. Если же при таком сравнении дополнительно учитывать экономическую оценку выбывающих из сельскохозяйственного оборота земель, а также запасов угля, теряемых в недрах, то результат сравнения может быть иным.

Вопросы оценки природных ресурсов долгое время были дискуссионными в экономической литературе. В частности, обсуждалась правомерность денежной (стоимостной) оценки природных ресурсов при социализме и включения их в состав национального богатства. Одни авторы утверждали, что в национальное богатство не могут включаться элементы, не имеющие стоимостной оценки, например природные ресурсы. Предмет, в который не вложен человеческий труд — источник стоимости, не может быть элементом национального богатства. Другие участники дискуссии исходили из того, что при широком подходе к проблеме сам процесс познания природы является начальным этапом труда, необходимого для превращения элементов девственной природы в располагаемый природный ресурс. Если конкретные запасы природного ресурса выявлены и используются в производст-

ве, то они уже являются объектом приложения труда. По-видимому, правильно учитывать в составе национального богатства все те виды природных ресурсов, общественная полезность которых изменяется в результате трудовой деятельности человека. А для этого необходимо их оценить в денежном выражении, т. е. получить абсолютную стоимостную оценку различных природных ресурсов (земля, вода, лес, полезные ископаемые и т. д.).

Акад. Н. П. Федоренко приводит следующие данные экспертной экономической оценки природных богатств СССР (млрд. руб.)<sup>13</sup>:

Сельскохозяйственные земельные	
угодья . . . . .	180—270
Запасы полезных ископаемых . . . . .	75—100
Запасы леса . . . . .	45—50

Исключение природных ресурсов из состава национального богатства ведет к тому, что в экономических расчетах могут не учитываться как сами природные ресурсы, так и тот ущерб, который народное хозяйство несет иногда от их неэкономного расходования, а также от неоправданного нарушения природной среды. В последнем случае, как уже отмечалось, обществу приходится нести дополнительные затраты по восстановлению природного потенциала до его исходного уровня.

При определении размера ущерба, наносимого производством окружающей среде, необходимо прежде всего иметь информацию о ценности природных ресурсов и условий как благ с точки зрения их полезности, т. е. способности удовлетворять определенные потребности общества, а также с точки зрения затрат живого и овеществленного труда для доведения перерабатываемых ресурсов до состояния конечного продукта. В качестве такой информации может служить их экономическая оценка как мера приносимого ими народнохозяйственного эффекта. Этот эффект может получить полную количественную определенность в результате составления оптимального плана производства, охватывающего важнейшие взаимосвязанные отрасли народного хозяйства и решающего задачу полного удовлетворения фиксированной общест-

<sup>13</sup> Экономические проблемы оптимизации природопользования.— М.: Наука, 1973, с. 11.

венной потребности с минимумом трудовых и материальных затрат<sup>14</sup>.

Экономическая оценка природных ресурсов играет важную роль в решении таких вопросов, как повышение эффективности их использования и создание системы платности природопользования. Бесплатность природных ресурсов, а также недостаточная обоснованность платежей ставок за привлекаемые ресурсы, осуществляемых на различных уровнях хозяйственной иерархии, не стимулируют хозяйского отношения к ним и их рационального использования. Правда, в нашей стране действует система дифференцированных платежей с каждой тонны минерального сырья и топлива, но эта система не является решением поставленной проблемы.

До 1 июля 1967 г. минеральные ресурсы бесплатно передавались добывающим предприятиям. В настоящее время в себестоимость продукции добывающих предприятий включаются расходы на геологоразведочные работы. Одновременно вводятся отчисления в государственный бюджет с каждой тонны реализованного минерального сырья и топлива на покрытие этих расходов. Размер этих отчислений дифференцирован по полезным ископаемым и зависит от удельных затрат на прирост балансов запасов данного вида минерального сырья по сумме категорий  $A + B + C$  (для цветных и редких металлов) или  $A + B$  (для горючих ископаемых и черных металлов) с поправкой на коэффициент извлечения полезного ископаемого и с учетом себестоимости их добычи. Например, с 2 т железной и марганцевой руды, реализованной добывающими предприятиями, отчисления составляют 15 коп., а по нефти они колеблются от 15 коп. за 1 т для средневожских районов до 3 р. 80 к. для Сахалина. Кроме того, вводятся рентные платежи в бюджет за каждую добытую тонну тех полезных ископаемых, себестоимость и качество которых сильно различаются по месторождениям и районам. Такие мероприятия повысили экономическую заинтересованность добывающих отраслей в более рациональном использовании природных ресурсов, но не решили проблему полностью.

Во-первых, рентные платежи установлены на основе цен 1967 г., а с истощением запасов природных ресурсов

<sup>14</sup> Смирнов И. К. Социально-экономические основы оценки природных ресурсов.— В кн.: Социально-экономические проблемы природопользования.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1978, с. 8.

ухудшаются горно-геологические условия разведки и разработки месторождений, что приводит к увеличению затрат на разведку и при фиксированных рентных платежах и ценах — к снижению рентабельности добывающих предприятий.

Во-вторых, рентные платежи покрывают только часть затрат на геологоразведочные работы (20—30 и 40—70% за нефть и железную и марганцевую руду соответственно).

В-третьих, фиксированные рентные платежи с 1 т реализованных полезных ископаемых не стимулируют и повышение коэффициента извлечения запасов из недр, так как по мере отбора запасов каждая новая тонна обходится предприятию дороже, а взносы в бюджет увеличиваются пропорционально росту объема реализации. В условиях введения платы за пользование природными ресурсами с целью материального стимулирования их рационального расходования экономическая оценка будет способствовать правильному исчислению рентных платежей.

Основной недостаток существующего механизма рентных платежей в СССР заключается в том, что дифференциальный доход, созданный на природном базисе, изымается государственным бюджетом от выпущенной продукции, а не от запасов природных ресурсов, переданных на баланс предприятий. Например, дифференциальный доход изымается с единицы сельскохозяйственной продукции, а не с единицы используемого природного ресурса. Такой подход никак не стимулирует рациональное использование земельных ресурсов, увеличение плодородия, качества земельных участков.

Сейчас разработано положение, предусматривающее введение платы за специальное водопользование<sup>15</sup>. В нем рассматриваются два вида специального водопользования: забор воды из водного объекта и сброс сточных вод в водный объект. В обоих случаях (за сверхплановый объем водопотребления и за сброс сточных вод) устанавливается плата, которая считается непроизводительным расходом предприятия и включается в фактическую себестоимость продукции, тогда как плата за водопотреб-

<sup>15</sup> Положение о порядке установления платы за специальное водопользование для промышленных предприятий (проект).— М., 1979.



ление в пределах установленных норм включается в плановую себестоимость продукции. Источником возмещения плат за сверхплановое водопользование и сброс сточных вод служит расчетная прибыль. Кажалось бы, все эти меры достаточно действенны для стимулирования рационального водопользования. Вместе с тем весь вопрос заключается в определении правильного размера устанавливаемых плат. В этом отношении большую роль может сыграть экономическая оценка воды, определенная не только в условиях водопотребления промышленностью, но и всеми другими потребителями, в том числе сельским хозяйством, социально-бытовой инфраструктурой, транспортом (водным).

Рентные платежи нейтрализуют влияние природного фактора на хозяйственную деятельность предприятий, выравнивают условия их хозяйствования. Учет специфического влияния природных факторов на образование добавочной прибыли на природном базисе стимулирует повышенную заинтересованность предприятий в улучшении качественных показателей их работы. Отмеченные выше недостатки действующей системы рентных платежей свидетельствуют о необходимости их целенаправленного совершенствования. В таких платежах, в частности, должна получать отражение динамика рентных оценок природных ресурсов, которые, как будет показано далее, меняются во времени.

Необходимость экономической оценки используемых в производстве ресурсов связана с проблемой эффективности капиталовложений. М. Н. Лойтер называет этот аспект проблемы инвестиционным<sup>16</sup>. Применение в производстве различных природных ресурсов и вовлечение новых источников и видов полезных ископаемых, переход от одних технологических способов добычи и использования природных ресурсов к другим могут вызвать различные потребности в дополнительных капитальных вложениях или, наоборот, освободить производство от части капитальных затрат, имеющих место до этого времени. Капитальные затраты и природные ресурсы, по существу, используются в комплексе, но при различных их комбинациях. При выборе варианта производства, т. е. удов-

летворения потребности народного хозяйства, необходимо иметь экономическую оценку природного ресурса.

Важным средством совершенствования процессов водопользования является технический прогресс. Он может происходить в нескольких направлениях: во-первых, это увеличение отбора запасов, во-вторых, углубление переработки сырья, в-третьих, разработка технологии по получению заменителей и, в-четвертых, создание безотходных технологий, позволяющих уменьшить производственные отходы и тем самым отрицательное воздействие производства на окружающую среду. Оценка эффективности этих направлений технического прогресса тесно связана с оценками природных ресурсов.

<sup>16</sup> Лойтер М. Н. Природные ресурсы и эффективность капитальных вложений.— М.: Наука, 1974.

нову для ее решения, и вряд ли кому-нибудь удастся противопоставить существующие здесь подходы. Если многие советские экономисты пришли к единому мнению о необходимости экономической оценки природных ресурсов, то при выборе критерия оценки еще имеются значительные разногласия. Основное разногласие заключается в том, что часть экономистов в основу оценки кладут затраты, связанные с их хозяйственным освоением, а другая часть — эффективность освоения ресурсов исходя из концепции дифференциальной ренты. Здесь важно уточнить, что эти два направления не противоречат друг другу, если отвлечься от вопроса о невозможности экономической оценки природных ресурсов при отсутствии затрат живого и овеществленного труда в них, т. е. природных ресурсов, запасы которых созданы естественным путем, без вмешательства человека<sup>3</sup>.

Использование показателя дифференциальной ренты в качестве базы для экономической оценки природных ресурсов обосновано марксистско-ленинской экономической теорией, в которой возникновение дифференциальной ренты связывается с ограниченностью как лучших источников природных ресурсов, так и их абсолютных запасов. Экономическая оценка природных ресурсов, базирующаяся на концепции дифференциальной ренты, вызывает проблему определения границ применимости таких оценок. В этой связи К. Г. Гофман выделяет следующие обстоятельства<sup>4</sup>. Прежде всего, имеются такие виды природных ресурсов, социально-экономический ущерб от потери которых вообще не может быть компенсирован при современном уровне развития науки и техники (уникальные природные комплексы, редкие представители животного и растительного мира, сохранение которых при нарушении среды их обитания невозможно, и т. п.). Экономической оценки этих видов природных ресурсов не существует, и ее следует считать равной бесконечности, а проектные варианты, предполагающие потерю таких ресурсов, не подлежат реализации, как бы выгодны они ни были.

<sup>3</sup> Представителем такого направления является акад. С. Г. Струмилин. См.: Струмилин С. Г. К оценке даровых благ природы. — Избранные произведения, т. 1. — М.: Соцэкгиз, 1963.

<sup>4</sup> Гофман К. Г. Методологические основы экономической оценки природных ресурсов. — В кн.: Экономические проблемы оптимизации природопользования. — М.: Наука, 1973, с. 26—28.

Другой ограничивающий фактор иллюстрируется на примере, когда основой экономической оценки является дифференциальная рента. Величина ее во многом определяется уровнем замыкающих затрат, последние же находятся в определенной зависимости от принятых при их расчете объемов производства и потребления соответствующей продукции и остаются относительно устойчивыми лишь при достаточно малых изменениях объемов ресурсов. Иными словами, такая оценка должна использоваться при децентрализованном принятии решений на нижних ступенях управления народным хозяйством: малые изменения ресурсов возможны лишь в рамках таких систем.

Третий ограничивающий момент, часто характеризуемый как временный, связывается с особенностями сложившейся системы цен, ориентированных в большинстве отраслей на среднеотраслевые, а не на предельные (замыкающие) затраты. При этом отмечается, что экономическая оценка ресурсов на стадии планирования и проектирования не требует изменения сложившегося уровня закупочных цен и финансовых взаимоотношений в народном хозяйстве.

Отмеченные обстоятельства в определенной мере обусловили «периодизацию» совершенствования хозяйственного механизма в сфере природопользования. Акад. Н. П. Федоренко выделяет три этапа соответствующих работ в этом направлении<sup>5</sup>.

На первом этапе должна быть решена задача экономической оценки природных ресурсов для нужд планирования и проектирования предприятий, эксплуатирующих ресурсы.

Второй этап — это создание системы платности природопользования. Как уже отмечалось, платность ресурсов, привлекаемых хозяйственными звеньями, имеет целью материально стимулировать их рациональное использование и тем самым способствует согласованию интересов общества в целом, отдельных предприятий, эксплуатирующих ресурсы, и трудящихся, работающих на них. Кроме того, плата за пользование ресурсами создает равные условия для предприятий, эксплуатирующих разнокачественные ресурсы; отчисляемая в бюджет

<sup>5</sup> Федоренко Н. П. Экономические проблемы оптимизации природопользования. — М.: Наука, 1973, с. 8—21.

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

### § 1. ОБЪЕКТ И КРИТЕРИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

При экономической оценке природных ресурсов исключительно важное значение имеет конкретизация самого понятия «объект оценки».

Примерами объектов природопользования являются месторождения однородного сырья, расположенные на отдельной территории, водоемы, отдельные сельскохозяйственные районы и участки земель, лесопокрытия, территориальные сочетания природных ресурсов, представляющие собой, по А. А. Минцу, источники ресурсов различного вида, расположенные на определенной целостной территории<sup>1</sup>.

Объекты природопользования выступают в качестве объектов экономической оценки природных ресурсов. Критерием такой оценки является сравнительная эффективность использования ресурсов данного объекта в общественном производстве. Важен при этом факт четкого выделения объекта оценки.

Различная эффективность при использовании ресурсов того или иного объекта природопользования, как уже отмечалось, предопределяется суммарными дифференциальными затратами живого и ошествленного труда на освоение данного объекта. Дифференциация затрат, в свою очередь, вызвана различием природно-экономических условий освоения данного объекта природопользования, и вряд ли была бы правильной постановка вопроса о сравнительной оценке сельскохозяйственных земель Сибири в целом и Украины, так как условия ведения сельского хозяйства в отдельных областях Сибири резко различаются.

<sup>1</sup> Минц А. А. Экономическая оценка естественных ресурсов. — М.: Мысль, 1968.

Объект экономической оценки природных ресурсов должен быть таким, чтобы были учтены однородность природно-экономических условий освоения данного объекта; однородность продукции, получаемой в результате эксплуатации сравниваемых по эффективности освоения объектов природопользования или взаимозаменяемость продукции при обеспечении потребности народного хозяйства; практическая используемость оценок в соответствии с существующей организационной структурой народного хозяйства, т. е. если, например, обосновывается установление платы за пользование земельными участками для сельскохозяйственного производства, то отдельным объектом оценки должна выступать площадь, используемая определенной хозяйственной единицей.

Успешность использования экономической оценки природных ресурсов в экономическом регулировании природопользования зависит от уровня укрупненности объектов природопользования и их соответствия хозяйственным единицам, являющимся пользователями.

В этом отношении достаточно удачным является предложение М. М. Албегова о разделении народного хозяйства на относительно самостоятельные территориально-отраслевые комплексы, при оптимизации развития которых было бы возможно определение оценок природных ресурсов<sup>2</sup>. Согласно этому предложению, для оценки земли отдельно рассматривается сельскохозяйственное производство, энергетических ресурсов — топливно-энергетический комплекс, водных источников — водное хозяйство, лесных ресурсов — лесная и деревообрабатывающая промышленность, черных, цветных металлов — черная и цветная металлургия. Такое разделение обеспечивает сравниваемость объектов природопользования. Однако при этом, как мы покажем далее, не обеспечивается возможность отражения преимущества комплексного освоения ресурсов и, следовательно, изменения уровня оценки в зависимости от подхода к ее определению.

В зависимости от выбора объекта экономической оценки природных ресурсов принимается и критерий их оценки. Вместе с тем проблема экономической оценки природных ресурсов имеет общую методологическую ос-

<sup>2</sup> Албегов М. М. Проблемы оптимизации территориального планирования. — Экономика и математические методы, 1975, т. XI, вып. 4, с. 151—153.



«дополнительная прибыль» предприятий, использующих относительно лучшие ресурсы, может реализоваться государством в виде продукта для общества. Создание системы платности природопользования потребует изменения существующих финансовых взаимоотношений в народном хозяйстве вплоть до изменения уровней действующих закупочных и оптовых цен на некоторые виды продукции отраслей, эксплуатирующих природные ресурсы.

Третий этап оптимизации природопользования — это создание развернутой системы оптимального функционирования отраслей, обеспечивающих воспроизводство природных ресурсов в рамках оптимального функционирования народного хозяйства в целом. Воспроизводство природных ресурсов должно выделяться в самостоятельный комплекс отраслей и предприятий, которые будут функционировать на началах полного хозрасчета.

Рента и цена земли при капитализме, как известно, есть лишь форма экономической реализации земельной собственности. Принципиально иное социально-экономическое содержание имеет понятие народнохозяйственной ценности природных богатств при социализме. Оно отражает объективно существующую связь между изменением количества и качества природных ресурсов, с одной стороны, и изменением конечных результатов общественного производства — с другой. В этой связи отметим замечание К. Маркса о том, что в обществе, основанном на некапиталистическом способе производства, различие в естественном плодородии разных участков земли сохранится, при этом общественный труд, присваиваемый при капитализме собственниками земли в форме земельной ренты, найдет действительно производительное применение: «...труд, сбереженный на почве IV, был бы использован для улучшения почвы III..., труд, сбереженный на почве III,— для улучшения почвы II..., стало быть, весь капитал... послужил бы тогда для того, чтобы уравнивать труд на различных почвах и уменьшить общее количество труда, затрачиваемого в земледелии»<sup>6</sup>.

Конечно, в работах К. Маркса нет развитой методологии оптимизации сельскохозяйственного производства. Но вместе с тем отмеченное высказывание Маркса о возможности и необходимости перераспределения ресурсов

<sup>6</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 26, ч. II, с. 110.

общества с целью достижения наилучших результатов, а также его замечание о рациональной доле затрат на разработку того или иного участка земли, по существу, предвосхитили некоторые положения современных концепций рационального природопользования. Например, задавшись произвольной величиной регулирующих затрат (в терминах Маркса — регулирующей рыночной стоимостью), можно для любого из возможных к эксплуатации участков земли найти рациональную величину затрат капитала (и соответственно объем получаемого при этом продукта), следуя лишь правилу достижения нулевого прироста ренты на последнюю единицу дополнительного капитала. Если при этом суммарный объем получаемой продукции превышает потребность общества в ней, то следует снизить уровень регулирующих затрат и повторить описанную процедуру. После ряда итераций можно прийти к требуемому результату — обеспечению потребности общества в продукции, получаемой при использовании данного ресурса (земли) с наименьшими затратами. При этом выполняется и другое свойство оптимальных распределительных программ: объемы производства продукции на каждом участке земли выбираются на уровне, обеспечивающем выравнивание предельных затрат на всех ее участках. Действительно, условие достижения нулевого прироста ренты  $R_i = (ZM_i - Z_i(M_i))$  (здесь  $Z$  — регулирующие затраты, а  $M_i$  и  $Z_i M_i$  — индивидуальные объемы продукции и затраты на ее производство) на «последнюю» дополнительную затрату труда, т. е.  $dR_i/dZ_i = 0$ , приводит к равенству предельных затрат  $dZ_i/dM_i = \text{const} = Z$ .

Изучению рентных оценок источников природных ресурсов посвящены исследования ряда советских экономистов. Вместе с тем существует разногласие по поводу построения конкретных показателей рентных оценок. Например, Н. В. Володомонов предлагает положить в основу такой оценки себестоимость продукции, получаемой при эксплуатации того или иного источника ресурса<sup>7</sup>, а В. В. Варанкин и М. Н. Лойтер — показатели приведенных затрат на освоение оцениваемого и худшего источников<sup>8</sup>. Высказываются также предложения рассчи-

<sup>7</sup> Володомонов Н. В. Горная рента и принципы оценки рудных месторождений. — М., 1958.

<sup>8</sup> Варанкин В. В. Методологические вопросы региональной оценки природных ресурсов. — М.: Наука, 1975; Лойтер М. Н. При-

тивать регулирующие затраты в показателях рентной оценки источников природных ресурсов на базе затрат замыкающего потребителя продукции, получаемой при эксплуатации данного природного ресурса<sup>9</sup>, и т. д. Были, кроме того, попытки принять в основу экономической оценки максимизацию прибыли от эксплуатации того или иного источника ресурса<sup>10</sup>.

В литературе получила отражение и в некотором смысле промежуточная позиция. Например, М. Н. Лойтер предлагает оценивать худший, но необходимый обществу в данный период участок (объем) одноименного ресурса по современным затратам на его освоение, а каждый последующий — на основе дифференциальной ренты, образование которой связано с их использованием по сравнению с базовым, «замыкающим» участком (или объемом) соответствующего природного ресурса<sup>11</sup>. По мнению В. В. Варанкина, затраты освоения и воспроизводства следует включать в оценку не только худшего участка ресурса, но и любого предшествующего ему «паряду с дифференциальной рентой, получаемой при эксплуатации оцениваемого участка»<sup>12</sup>.

Последние предложения, так же как и построение оценки ресурса по величине валового (или чистого) дохода, вызваны желанием дать положительную оценку и худшим участкам ресурса, чтобы защитить их от расточительного использования. Эти попытки связаны с довольно часто высказываемым в литературе мнением, что при оценке природных богатств по дифференциальной ренте «худшие» (по качеству и местоположению) виды природных ресурсов должны обязательно получить нулевую оценку. Для опровержения этих взглядов обычно приво-

родные ресурсы и эффективность капитальных вложений.— М.: Наука, 1974.

<sup>9</sup> Руководящие указания к использованию замыкающих затрат на топливо и электрическую энергию.— М.: Наука, 1973.

<sup>10</sup> Гатов Т. А. Техничко-экономическое обоснование уровня минимального содержания цветных металлов в руде.— М., 1967; Быховер А. А. О принципах экономической оценки месторождений и эффективности геологоразведочных работ.— Разведка и охрана недр, 1966, № 6; Перкуль М. М. Задачи и методы экономической оценки пластовых месторождений.— Изв. СО АН СССР, 1962, № 3.

<sup>11</sup> Лойтер М. Н. Экономические меры по рациональному использованию водных ресурсов.— Вопросы экономики, 1967, № 12, с. 75.

<sup>12</sup> Варанкин В. В. Методологические вопросы..., с. 27.

дится известное положение марксистской экономической теории, согласно которому дифференциальную ренту могут приносить и наименее эффективные из вовлекаемых в хозяйственный оборот природных ресурсов<sup>13</sup>. В современном изложении эти соображения сводятся к следующему. Нулевая оценка (т. е. отсутствие дифференциальной ренты) по данному ресурсу может иметь место только в тех случаях, когда его «физическая» потеря не сопровождается экономическими потерями для общества ни в данный момент, ни в обозримой перспективе. Такие случаи, хотя и мыслимые теоретически, в реальной хозяйственной практике могут встречаться лишь в виде исключения. Другое дело, что дополнительное вовлечение в хозяйственный оборот данного природного ресурса часто может быть экономически нецелесообразным, свидетельством чего является нулевая оценка эффективности расширения его эксплуатации. Но такая оценка будет относиться именно к дополнительно вовлекаемым, а не к находящимся уже в эксплуатации природным благам<sup>14</sup>. Вопрос о наличии нулевой оценки является одним из спорных при анализе проблем природопользования. Приведенная трактовка об отсутствии нулевой оценки природных ресурсов не является исчерпывающей, так как не дает ответа на вопрос о том, на основе каких оценок следует назначать штрафы за нарушения некоторой хозяйственной единицей условий использования источника ресурса, если последний не эксплуатируется и не включен даже в долгосрочный план освоения.

Проблема критерия экономической оценки природных ресурсов, как и вопрос выбора объекта оценки, связана с направлением ее использования. Не случайно в экономической литературе рассматриваются различные виды оценок, в том числе экономических.

## § 2. ВИДЫ ОЦЕНОК

До того как перейти к описанию существующих систем стоимостной оценки природных ресурсов, отметим, что в хозяйственной практике используются и другие

<sup>13</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 25, ч. II, с. 295—305.

<sup>14</sup> Гофман К. Г. Методологические основы экономической оценки природных ресурсов.— В кн.: Экономические проблемы оптимизации природопользования.— М.: Наука, 1973, с. 25—26.

виды оценок. Так, для определения стратегии геологоразведочных работ применяется геологическая оценка источников полезных ископаемых, состоящая из комплекса горно-геологических показателей или значений признаков перспективности с точки зрения наличия запасов. Оценка источников на основе ожидаемых запасов, т. е. запасов высшей категории ( $C_2$ ,  $C_1$  и т. д.), позволяет выделить перспективные площади для продолжения геологоразведочных работ. Месторождения природных ресурсов оцениваются исходя из интересов не только геологических организаций, но и добывающих. Так, геолого-экономическая оценка представляет собой комплекс показателей, характеризующих горно-геологические и экономические условия освоения источников природных ресурсов. Ее нередко называют комплексной (ниже мы вернемся к понятию комплексной оценки). Конечно, в общем случае нельзя противопоставлять один вид оценки другому, так как каждый из них имеет свою область применения.

Стоимостная (экономическая) оценка природных ресурсов также в зависимости от сферы ее использования определяется по-разному, что и предопределяет наличие ряда показателей такой оценки. К. Г. Гофман, исходя из многообразия хозяйственных задач, решение которых связано с экономической оценкой природных ресурсов, приводит целую систему ресурсооценочных показателей<sup>15</sup>. В рамках этой системы выделяются прежде всего показатели сравнительной эффективности использования природных ресурсов в общественном производстве, характеризующие их дифференциальную ценность. Среди них отмечаются кадастровая и планомерно-перспективная оценки, связанные с уровнем изученности и освоенности источников природных ресурсов, а также эксплуатационные и средозащитные, предметом которых являются потребительские свойства ресурсов. Кроме того, в приводимую К. Г. Гофманом систему показателей включена также интегральная ценность, выражающая суммарную эффективность использования запаса природного ресурса данного объекта природопользования (дифференциальная ценность отражает предельный эффект использования ресурса объекта природопользования в народном хозяйстве).

<sup>15</sup> Гофман К. Г. Экономическая оценка природных ресурсов в условиях социалистической экономики. — М.: Наука, 1977, с. 59.

Вполне очевидно, что дифференциальная ценность природных ресурсов, имеющая в своей основе их сравнительную эффективность, является наиболее важным показателем для использования в планировании и управлении природопользованием. Например, дифференциальная ценность нефти на базе эффективности использования нефтепродуктов, выявляемая на стадии реализации продуктов нефтепереработки и нефтехимии, и дифференциальная ценность отдельных нефтяных месторождений с точки зрения условий их освоения могут служить показателями, на основе которых устанавливаются хозяйственные отношения между геологоразведочными и нефтедобывающими организациями и между добывающими и перерабатывающими соответственно. Поэтому дифференциальная ценность природных ресурсов должна определяться с учетом факторов и рамок взаимодействия хозяйственных звеньев.

В этом отношении ярким примером является земля, которая оценивается с точки зрения пригодности для сельскохозяйственного производства по 100-балльной системе, с одной стороны, и необходимых затрат для ее вовлечения в процесс хозяйственного использования и соответственно эффективности возделывания отдельных культур — с другой. Последнее означает, что один и тот же участок земли может иметь разные оценки в зависимости от того, под какую сельскохозяйственную культуру определяется оценка. Существует также специфическая оценка земли, выделяемой под строительство или горные выработки. Исходной базой для такой оценки должна быть оценка земли как сельскохозяйственного угодья. Такая оценка служит основой для возмещения потерь сельского хозяйства от изъятия земель.

Наличие разных оценок природных ресурсов в зависимости от направлений и сфер их использования вовсе не означает различия в методологии их определения. Скорее всего, имея в своей основе единую методологию расчета, такие оценки отражают различные доли общего народнохозяйственного эффекта от вовлечения ресурсов в общественное производство, обусловленные теми или иными факторами и разными стадиями его реализации.

Все сказанное относится к полеметрической оценке природных ресурсов, т. е. единицы или отдельного источника природного ресурса. Такие оценки в основном отражают эффективность освоения природного ресурса с точки зрения непосредственного пользователя — отдельной хозяй-



ственной единицы. Выбор вариантов рационального использования природных ресурсов происходит в пределах отдельного территориального образования. Освоение любого ресурса на данной территории затрагивает интересы как местных органов власти, так и потребителей различных ресурсов. Это обусловлено естественными взаимосвязями природных ресурсов. Следовательно, эффективность их освоения зависит от уровня его комплексности, и поэтому необходима комплексная стоимостная оценка природных ресурсов.

Проблема комплексной экономической оценки природных ресурсов — одна из наиболее сложных и малоизученных современной экономической наукой. Если вопросы поэлементной оценки природных ресурсов в настоящее время можно считать более или менее разработанными в методологическом и, отчасти, в методическом плане, то проблема комплексной оценки территориальных сочетаний естественных ресурсов слабо разработана во всех отношениях. С помощью поэлементной оценки устанавливается эффективность использования оцениваемого ресурса в производстве с точки зрения одной отдельной отрасли промышленности, а комплексная оценка позволяет определять возможности хозяйственного развития региона с учетом эффективности использования как одного из ресурсов многоцелевого назначения, так и всех видов ресурсов в их естественной и технологической взаимосвязи. Кроме того, наличие комплексной оценки способствует правильному планированию размещения производительных сил как региона, так и страны в целом.

Факт наибольшей экономической эффективности производства при комплексности использования имеющихся естественных ресурсов и социальных условий данного региона неоспорим. Он подтверждается созданием крупных территориально-производственных комплексов на основе территориальных сочетаний природных ресурсов. Эффективность организации таких хозяйственных систем особенно высока также вследствие разработки научно обоснованных методов комплексной оценки территориальных сочетаний природных ресурсов.

В отечественной литературе рассматриваются разные понятия комплексной оценки природных ресурсов. Одно из них связано с оценкой данного источника минерального сырья комплексом технико-экономических показателей, которые по оцениваемому месторождению сравни-

ваются с одноименными показателями аналогичных разрабатываемых месторождений (В. И. Фрей, В. В. Померанцев, В. И. Красников и др.)<sup>16</sup>. При такой трактовке «комплексная оценка» носит в основном геолого-экономический характер, а ее объектами являются только источники минерального сырья. Она позволяет определять стратегию деятельности геологоразведочных предприятий и целесообразность промышленного освоения оцениваемых месторождений.

Второе понятие предполагает оценку ресурсов многоцелевого назначения (земля, вода и т. д.) и поликомпонентного сырья с точки зрения суммарной эффективности их использования в производственном процессе по всем потребительским свойствам. При таком понимании «комплексной оценки» и соответствующих подходах к ее определению предполагается учет не только естественных свойств источников ресурса, но и всевозможных вариантов его производственного использования.

И наконец, третье понятие — это оценка территориальных сочетаний природных ресурсов с целью определения народнохозяйственного эффекта от их комплексного освоения. Проблемы комплексной экономической оценки как отдельных видов природных ресурсов, так и их территориальных сочетаний разрабатываются многими исследователями. Вместе с тем до сих пор не существует единого определения комплексной оценки. Экономгеографы, например, формулируя понятие территориального сочетания природных ресурсов и рассматривая его как основу создания территориально-производственных комплексов, большое внимание уделяют качественной оценке ресурсов. Однако качественная характеристика, не подкрепленная количественными показателями, вряд ли может служить базой для принятия решений по рациональному использованию природных ресурсов.

Слабая разработанность методических подходов к комплексной оценке территориальных сочетаний природных ресурсов, по-видимому, связана с отсутствием единой методологии такой оценки. Некоторые авторы предлагают проводить ее в баллах с использованием метода относи-

<sup>16</sup> Красников В. И. Оценка месторождений в стадии предварительной оценки. — М.: Советская геология, 1956; Осмоловский В. В. Экономика железорудной промышленности. — М.: Недра, 1967; Померанцев В. В. Оценка рудных месторождений цветных и черных металлов. — М., 1964; и др.

тельной оценки. Примером может служить попытка экономической оценки природных ресурсов Казахской ССР по десятибалльной оценочной шкале с учетом взвешивающих коэффициентов<sup>17</sup>. Оценивались как отдельные виды природных ресурсов регионов, так и их сочетания. Однако такой подход, когда нет обоснованных точных количественных показателей, не может служить основой для дальнейших экономических расчетов по хозяйственному освоению регионов.

Другие исследователи определяют комплексную оценку природных ресурсов региона как сумму оценок отдельных видов ресурсов<sup>18</sup>. В этом случае не учитываются взаимосвязанность и взаимообусловленность рассматриваемых ресурсов, а также эффект от комплексности их освоения. Отсюда, несмотря на общую методологию, оценки отдельных видов природных ресурсов проводятся изолированно, а их комплексная оценка исчисляется простым суммированием. Однако в такой оценке отсутствует фактор комплексности освоения ресурсов. Оценка территориальных сочетаний природных ресурсов не может определяться как сумма поэлементных оценок ввиду их взаимосвязанности, как естественной, так и с точки зрения затрат на освоение.

В. И. Ботвинников предлагает проводить стоимостную оценку территориальных сочетаний природных ресурсов, рассматривая их в качестве закономерно образовавшихся природных комплексов, на базе которых при определенном уровне развития производительных сил могут формироваться народнохозяйственные комплексы<sup>19</sup>. Эффективность их функционирования зависит в основном от состава ресурсов и от геолого-экономических характеристик их источников. Это и обуславливает необходимость экономической оценки территориальных сочетаний природных ресурсов.

Основным спорным вопросом при такой экономической оценке территориальных сочетаний природных ре-

<sup>17</sup> Лопатина Е. Б., Назаревский О. Р. Вопросы региональной комплексной экономической оценки природных ресурсов и условий.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1966, № 1.

<sup>18</sup> Силаев Е. Д., Шимов В. П. Экономическая оценка природно-ресурсного потенциала региона.— Изв. АН СССР. Сер. обществ. наук, 1977, № 2, с. 18—26.

<sup>19</sup> Ботвинников В. П. Некоторые вопросы количественной (стоимостной) оценки территориальных сочетаний комплексов естественных ресурсов.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1966, № 6.

сурсов является выбор критерия. В. И. Ботвинников за основу оценки как отдельных видов природных ресурсов, так и их территориальных сочетаний принимает размер чистого дохода. Некоторые специалисты (М. С. Васильев, И. Я. Водзянович, Е. М. Упушев) считают неудачным выбор такого критерия, ссылаясь на следующие трудности, которые возникают при его использовании.

Первая, и главная, трудность, по их мнению,— это отсутствие в нашей стране нормативной базы для определения эффекта от хозяйственного использования природных ресурсов и непригодность для этой цели существующих цеп стоимостного уровня<sup>20</sup>. Вторая трудность связана с необходимостью рассматривать эффективность хозяйственного использования природных ресурсов на определенной территории во взаимосвязке с соответствующим показателем по стране в целом. И, наконец, третья трудность состоит в следующем. Во-первых, сравниваемые территории имеют неодинаковые наборы ресурсов. Во-вторых, площади территорий и запасы одноименных ресурсов на каждой из них различны по величине, поэтому критерии оценки как по затратам, так и по эффективности несовершенны. В-третьих, зачастую бывает так, что если одна территория лучше по удельному эффекту на единицу ресурсов или территории, то вторая превосходит первую по абсолютной величине ресурсов и экономии удельных затрат.

С первыми двумя отмеченными трудностями при проведении экономической оценки территориальных сочетаний природных ресурсов можно согласиться, но, тем более, что в дальнейшем предлагают методы ее преодоления. При этом они считают, что оценка территориальных сочетаний природных ресурсов должна быть сравнительной, в связи с чем природно-ресурсные потенциалы каждой территории «дополняются» до максимального уровня одной из территорий, соответствующей оптимальному варианту освоения. Затраты же на добычу так называемых «фиктивных» ресурсов устанавливаются по предельно допустимой себестоимости соответствующего ресурса. Затем абсолютные величины приведенных затрат двух территорий при одинаковом объеме и номенклатуре осваиваемых ресурсов сравниваются и определя-

<sup>20</sup> Комплексная экономическая оценка минеральных ресурсов.— Алма-Ата: Наука, 1972.

ется экономическое преимущество освоения тех или иных территориальных сочетаний природных ресурсов.

Остается непонятным стремление к выравниванию территорий по объему и номенклатуре природных ресурсов, тогда как оценке подлежат также и их территориальные сочетания. Далее авторы вышеназванного исследования рассматривают оценку-характеристику отдельных видов природных ресурсов и оценку природно-ресурсного потенциала их сочетаний. Весьма сомнительным кажется определение оценки-характеристики отдельных видов природных ресурсов как отношения валовой потенциальной стоимости ресурса к площади территориального сочетания. По-видимому, такое определение представляет определенный интерес для экономгеографов, но с точки зрения экономистов оно не является ценным.

Например, сравним два территориальных сочетания природных ресурсов, содержащих в качестве основного одноименный их вид. Предположим, что в первом сочетании запасы данного ресурса сконцентрированы в одном месторождении с мощной продуктивностью пласта, а во втором они рассредоточены по отдельным источникам. В таком случае, чтобы отдать предпочтение одному из этих сочетаний (рассматриваемому ресурсу), необходимо учесть концентрацию запасов, так как если брать в расчет части территории, не являющиеся носителями запасов, это может привести к ошибочным решениям.

Еще более странным представляется нам предложение тех же авторов использовать показатель прибыли как критерий оценки суммарного природно-ресурсного потенциала территории. Ведь когда этот показатель принимается за основу экономической оценки природных ресурсов В. И. Ботвинников, они считают это неприемлемым. На самом же деле экономическая оценка одного вида или комплекса природных ресурсов есть не что иное, как народнохозяйственный эффект от их освоения.

Проблеме экономической оценки как отдельных видов природных ресурсов, так и их территориальных сочетаний посвящены основные исследования А. А. Минца<sup>21</sup>.

<sup>21</sup> Минц А. А. Вопросы комплексной экономической оценки природных условий и естественных ресурсов в свете задач современной географии.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1965, № 2; Минц А. А. Содержание и методы экономической оценки естественных ресурсов.— В кн.: Оценка природных ресурсов.— М.: Мысль, 1968. (Вопросы географии, № 78).

Главное внимание в них уделяется определению критерия комплексной экономической оценки природных ресурсов. Следует согласиться с мнением А. А. Минца по поводу различий между показателями поэлементной и комплексной экономической оценки природных ресурсов и невозможности разработки единой, универсальной и в то же время достаточно конкретной методики такой оценки, применимой ко всем отдельным видам природных ресурсов. В связи с этим вполне понятна его попытка классифицировать природные ресурсы. Группировка проводится по признаку их использования отдельными отраслями с выделением так называемых исключений (например, вода как ресурс многоцелевого назначения). Цель нашей классификации (см. гл. 3) — выбор объекта экономической оценки отдельных видов ресурсов — источника однородного сырья. В таком случае поэлементная оценка упрощается благодаря однородности и сопоставимости объектов. Однако освоение некоторых видов природных ресурсов, эффективных с точки зрения целей одной отрасли, часто наносит ущерб другим ресурсам и соответственно эксплуатирующим их отраслям. То есть возникает необходимость комплексного подхода к экономической оценке природных ресурсов, предполагающего обязательный учет взаимосвязей при их освоении. Отметим, что под взаимодействиями природных ресурсов большинство специалистов понимают только естественные взаимосвязи. Это, по-видимому, обусловлено тем, что при оценке ресурсов учитываются затраты на их освоение и наносимый ущерб другим ресурсам, тогда как процесс переработки и долгосрочность всего периода освоения усиливают взаимосвязи между ресурсами, вовсе не являющиеся естественными.

Одно из наиболее интересных, на наш взгляд, исследований по оценке эффективности освоения природных ресурсов принадлежит В. И. Денисову<sup>22</sup>, который считает, что оптимизация процессов природопользования целесообразна в рамках моделей территориального, в частности регионального, планирования, так как критерий оптимальности природопользования формулируется как производственно-социальный. Действительно, территория является местом проживания населения, ее хозяйственное

<sup>22</sup> Денисов В. И. Народнохозяйственные модели оптимального развития природных комплексов.— М.: Наука, 1978.



освоение помимо целей развития на ней производств преследует также цели социального плана. Для оптимизации взаимодействия природной и социально-экономической подсистем региона В. И. Денисов использует двухуровневую систему экономико-математических моделей. При этом оценки природных ресурсов определяются на верхнем уровне, где рассматриваются межотраслевые межрегиональные связи. Нижний уровень образуют модели внутрирегионального планирования, в них отражаются процессы межрегиональных перевозок, а также городского строительства. Использование такой схемы оптимизации обеспечивает более полный учет факторов, определяющих уровень оценки ресурсов. К сожалению, автор больше внимания уделяет технике проведения оптимизационных расчетов, чем обсуждению свойств оценок природных ресурсов, как комплексных, так и поэлементных. Особенно следует отметить его вывод о том, что все виды потребностей в природных ресурсах в моделях оптимизации природопользования должны быть искомыми, а не заданными величинами. При этом потребности в природных ресурсах формируются в зависимости от условий их рационального воспроизводства и эффективного использования, что обусловлено комплексным рассмотрением процессов освоения, подготовки к эксплуатации и воспроизводства запасов природных ресурсов. Комплексный подход к определению экономической оценки природных ресурсов позволяет отразить в ней влияние не только естественных, но также объективных производственных, социальных и других условий освоения ресурсов. Кроме того, при таком подходе учитываются интересы всех хозяйственных звеньев, которые в той или иной мере имеют отношение к освоению оцениваемого ресурса.

### § 3. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Общее мнение советских специалистов о правомерности проведения экономической оценки природных ресурсов было достигнуто в последние годы после длительных дискуссий. Выбор же критерия оценки остается спорным вопросом. Как уже отмечалось, основополагающим при его решении являются две концепции, предусматриваю-

щие оценку ресурсов: одна — по затратам на освоение (затратная концепция), другая — по результатам освоения (рентная концепция).

Теоретический анализ экономической оценки природных ресурсов в условиях капитализма проведен в трудах классиков марксизма-ленинизма. К. Маркс детально разработал этот вопрос на примере цены земли, определив ее содержание, составные элементы и факторы, влияющие на ее величину<sup>23</sup>. Анализируя принципы формирования цен на землю, он указывал на отсутствие связи между ценой земли и трудовыми затратами на ее освоение, отмечая при этом, что цена необработанной земли такая же, как и возделанного участка, находящегося в таком же расположении, за вычетом присоединяющихся к ней издержек по распашке, хотя она и не приносит ренты<sup>24</sup>. Это говорит в пользу подхода, когда за основу оценки берется результат (эффект) освоения природных ресурсов. При этом экономическая оценка источника ресурса определяется как выигрыш от предполагаемого увеличения запасов в источнике или как ущерб от его уменьшения. Тут мы говорим об оценке источника, а не просто ресурса, исходя из того, что, как уже отмечалось, во-первых, ресурсы и их источники не могут рассматриваться как идентичные объекты стоимостной оценки хотя бы из-за того, что по ограниченности и воспроизводству запасов они если не полностью, то частично различаются. Говоря об эффективности использования природного ресурса, мы имеем в виду оценку, основанную на теории дифференциальной ренты, и вряд ли можно определить сравнительную эффективность освоения (дифференциальную ренту) источника ресурса относительно источников другого вида ресурса, невзаимозаменяемого с первым видом. Естественной предпосылкой образования дифференциальной ренты является ограниченность ресурса, обусловленная различиями в природных условиях его источников, объективной разностью ресурса в отдельных источниках, что и предопределяет различный уровень производительности труда на предприятиях, осваивающих эти источники.

Является распространенным возражение против оценки природных ресурсов в соответствии с ограниченностью

<sup>23</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 25, ч. I, II.

<sup>24</sup> См. там же.

их запасов, основанное на том, что неограниченный ресурс получает в данном случае нулевую оценку. Сторонники же оценки природных ресурсов по приносимой ими дифференциальной ренте аргументируют отсутствие нулевой оценки «худших» источников или других видов ресурсов с неограниченными запасами противопоставлением рентного принципу затратному, предполагающему определение экономической оценки ресурса на основе затрат, которые должно нести народное хозяйство в результате выбытия данного источника. Однако такой подход ничем не отличается от рентного принципа, а лишь проясняет двойственный характер дифференциальной ренты.

Например, если потребность народного хозяйства обеспечивается за счет запасов первых  $n$  из  $N$  источников, ранжированных по возрастанию индивидуальных удельных затрат на освоение, то «выбытие» источника  $i < n$  приводит к возмещению запасов  $i$ -го источника за счет запасов более «худших» источников —  $n + 1$ -го и т. д. Тогда затраты «возмещения» составляют или  $c_n - c_i$ , если недоиспользованные запасы  $n$ -го источника достаточны для этого, или  $c_{n+1} - c_i$ , где  $c_i$  — индивидуальные удельные затраты на освоение запасов  $i$ -го источника. В первом случае оценки источников, удовлетворяющих потребность народного хозяйства, не подвергаются изменению, лишь суммарная эффективность уменьшается на величину  $Q_i(c_n - c_i)$ . Во втором же случае оценки всех источников возрастают на величину  $(c_{n+1} - c_n)$ . Таким образом, оценка источников природных ресурсов, исчисленная на основе затрат на замещение «выбытия», также носит рентный характер, лишь с разницей изменения базы сравнения. Следовательно, противопоставление затратного и рентного принципов экономической оценки природных ресурсов становится беспредметным, особенно при учете относительности понятия ограниченности запасов ресурсов (на самом деле даже при неограниченности запасов возникает вопрос ограниченности «лучших» запасов), а также имеющего непосредственное отношение к ограниченности запасов фактора времени (периода, на который рассчитана потребность в ресурсе). Ограниченность ресурса, как правило, обусловлена предъявляемой народным хозяйством потребностью в данном ресурсе, и если в условиях исследуемого года или периода (наличные запасы источников однородного ресурса и потребность народного хозяйства в нем) некоторые источники оказываются

«лишними», это вовсе не означает, что они будут «лишними» в последующие периоды. Говорить о наличии нулевой оценки какого-либо источника природного ресурса, используемого в производственном процессе, значит предполагать абсолютную неограниченность его запасов, что вызывает бесхозяйственность в природопользовании.

Как нам кажется, при рассмотрении рентной основы экономической оценки природных ресурсов, отражающей народнохозяйственный эффект от их использования в общественном производстве, в конечном итоге не отвергается и затратный принцип возмещения экономической оценки, так что полемика в этом направлении становится беспредметной. К. Г. Гофман, в частности, пишет, что «...рентная оценка учитывает весь круг дополнительных затрат, возникающих в народном хозяйстве при потере данного ресурса, а не только прямые затраты на „замену“ выбывшего ресурса новым (если такая замена возможна)<sup>25</sup>. В таком случае рассуждения К. Г. Гофмана оказываются также обоснованными, когда он говорит, что дифференциальную ренту, согласно марксистско-ленинской теории, могут приносить и наименее эффективные из вовлеченных в хозяйственный оборот природных ресурсов. «Другое дело, — пишет он, — что дополнительное вовлечение в хозяйственный оборот данного природного ресурса часто может быть экономически нецелесообразным, свидетельством чего является нулевая оценка эффективности расширения его эксплуатации. Но такая оценка будет относиться именно к дополнительно вовлекаемым, а не находящимся уже в эксплуатации природным благам<sup>26</sup>. Тогда становится очевидным, что экономическая оценка природных ресурсов, основанная на приносимой ими дифференциальной ренте, не может выполнить все те функции, которые ей придаются большинством экономистов. Так, например, если оценка, основанная на классической теории ренты, определена в конкретных условиях (с точки зрения существующих запасов, заданной потребности и продолжительности планируемого периода), то она может быть использована при регулировании рационального природопользования в тех же условиях. В таком случае возникает вопрос: как определить ущерб или затраты на

<sup>25</sup> Гофман К. Г. Экономическая оценка природных ресурсов в условиях социалистической экономики. — М.: Наука, 1977, с. 24.

<sup>26</sup> Там же, с. 25.

возмещение выбытия источника, не выступающего в данный период в качестве объекта эксплуатации, если его оценка, исчисленная по рентному принципу, равна нулю?

В данном случае, рассматривая оценку ресурсов как народнохозяйственный эффект от их использования в общественном производстве, надо провести ее для всевозможных источников, прибегая к рассмотрению сверхдолгосрочных периодов планирования, и их оценки, как правило, будут нулевыми. Правда, дисконтированный эффект от использования в будущем неэффективных с точки зрения сегодняшнего производства источников может оказаться достаточно низким, поэтому дисконтирование должно осуществляться именно исходя из предполагаемого года освоения данного источника. Тут возникает еще одна трудность, вызванная тем, что величина оценки «худшего» по условиям сегодняшнего производства источника природного ресурса обусловлена научно-техническим прогрессом — разработкой новых технологий для эксплуатации данного источника, созданием «заменителей». Кроме того, оценка источников ресурса, вовлекаемых в хозяйственный оборот в рассматриваемом плановом периоде, зависит от его продолжительности, а также от потребности народного хозяйства в этом ресурсе (см. § 1 гл. 5).

В простейшем случае при наличии затрат на освоение всех источников данного вида природного ресурса в условиях существующей технологии можно исчислить затраты на замещение «выбывающего» источника путем сравнения соответствующих затрат по «выбывающему» и последующему за ним источникам. Тут мы оперируем эффективностью, вызванной только различиями в природных условиях освоения источника, так как народнохозяйственный эффект от использования природного ресурса зависит от многих других факторов, которые вряд ли могут быть учтены при рассмотрении возможности их вовлечения в эксплуатацию ресурсов на сверхдолгосрочную перспективу.

Таким образом, оценка ресурсов, в основу которой положена дифференциальная рента, носит относительный характер, что обусловлено продолжительностью рассматриваемого периода планирования, а также предъявляемой потребностью народного хозяйства. Следует также отметить ее прогнозный характер, вызванный неопределен-

ностью основных внешних факторов, являющихся рентообразующими.

Бесспорно, что при использовании принципов оптимального планирования в основу экономической оценки природных ресурсов должна быть положена дифференциальная рента. Такой критерий применим и при стоимостной оценке всех видов природных ресурсов независимо от их специфических свойств. Дифференциальная рента от освоения единицы запаса данного источника определяется как разность между ценностью продукции отрасли, эксплуатирующей оцениваемый ресурс, и уровнем удельных затрат на освоение этого источника. Уровень ценности продукции отрасли обусловлен удельными затратами на освоение «наихудшего» из осваиваемых источников для обеспечения заданной потребности народного хозяйства в определенный период времени, получившими в экономической литературе наименование замыкающих. Показатель замыкающих затрат как общественно оправданный предел затрат на прирост производства продукции отрасли, использующей оцениваемый ресурс, играет важную роль при проведении ресурсооценочных работ. Поэтому особое значение приобретает выбор методов его исчисления. Одними из эффективных для этого являются экономико-математические методы и модели, которые в настоящее время очень широко применяются как для исследования фундаментальных теоретических проблем экономической теории, так и для решения самых различных прикладных задач, например задач отраслевого, регионального и народнохозяйственного планирования.

В то же время в интересующем нас вопросе — оценке природных богатств — существует определенное недопонимание среди экономистов и практиков места и роли объективно обусловленных оценок источников природных ресурсов. Так, анализируя различные подходы к построению показателей экономической оценки, М. Н. Лойтер пишет, что сторонники оптимального планирования придерживаются «особой точки зрения на экономическую сущность дифференциальной ренты»<sup>27</sup>. Другие авторы из правильного в целом тезиса о том, что «о.о. оценки оптимального плана применительно к природным ... ресурсам дают количественное выражение полезности различных

<sup>27</sup> Лойтер М. Н. Природные ресурсы и эффективность капитальных вложений. — М.: Наука, 1974, с. 77.



ресурсов с точки зрения удовлетворения потребности общества», делают вывод о том, что такие оценки «выражают эффект, а не затраты, и ... как нормативы затрат использованы быть не могут, что лишний раз подтверждает неправомочность замены объективно обусловленными оценками цен стоимостного уровня»<sup>28</sup>.

В этой связи следует заметить, что существует два вида объективно обусловленных оценок ресурсов в моделях, включающих ресурсный блок. Оценки первого вида связаны с балансовыми условиями по производству продукции при использовании данного ресурса, оценки второго вида относятся к ограничениям по запасам ресурса в отдельных источниках. Вопрос о правомочности установления цен на основе объективно обусловленных оценок обычно связывается с оценками первого вида. Поскольку в принципе не всегда можно перейти к взаимной задаче с затратным критерием, то такие оценки получают затратные характеристики, а оценки запасов отдельных источников будут отражать экономию общественных затрат, связанную с вовлечением в народнохозяйственный оборот этих источников (естественно, в пределах устойчивости самих оценок)<sup>29</sup>.

Имеются и другие примеры подобного рода, показывающие, что свойства оптимальных оценок природных ресурсов еще недостаточно изучены. Эволюция в терминах, наблюдавшаяся в работах последних лет (от изначально «о.о. оценка источников природных ресурсов» к нейтральному «рентная оценка запасов» и далее к категоричному «дифференциальная рента»), сопровождалась недостаточно глубоким анализом свойств таких оценок. До сих пор, по существу, не изучены различия в интерпретации оптимальных оценок в статических и динамических задачах, оптимальных оценок воспроизводимых и невозпроизводимых ресурсов, соотношения прокатных и капитальных оценок и т. д. Вместе с тем имеются интересные и серьезные исследования проблем рационального природопользования с позиций оптимизационного

подхода<sup>30</sup>. Наиболее цельная концепция определения экономической оценки природных ресурсов на основе рентного подхода с использованием экономико-математических методов разрабатывается в настоящее время Центральным экономико-математическим институтом АН СССР. Она базируется на исходной методологической посылке о том, что в условиях социалистической экономики на каждом отрезке времени объективно существует общественно оправданный предел затрат на увеличение объема продукции, получаемой при использовании данного природного ресурса. Увеличение, достигнутое ценой затрат, не превышающих этот предел (путем мероприятий по сокращению расхода данной продукции в сфере ее потребления или непосредственно путем увеличения ее выпуска), целесообразно с народнохозяйственной точки зрения, а увеличение, достигнутое ценой затрат, превышающих этот предел, нецелесообразно. Краткое содержание основных положений этой методики состоит в следующем<sup>31</sup>.

1. Критерий оценки любого вида природных ресурсов — совокупный народнохозяйственный эффект, приносимый этим ресурсом.

2. Наиболее полным выражением совокупного народнохозяйственного эффекта является вклад в критерий оптимальности народнохозяйственного плана, приносимый данным ресурсом.

3. Экономический выигрыш в сфере эксплуатации данного природного ресурса определяется исходя из экономических оценок продукции, получаемой при эксплуатации этого ресурса.

4. В качестве экономической оценки продукции принимаются предельно допустимые с народнохозяйственной точки зрения приведенные затраты на увеличение ресурсов данной продукции в рассматриваемом районе на определенном отрезке времени (замыкающие затраты).

<sup>30</sup> Гофман К. Г. Методологические основы экономической оценки природных ресурсов. — В кн.: Экономические проблемы оптимизации природопользования. — М.: Наука, 1973; Сухотин Ю. Н. Оптимальные оценки ресурсов и хозяйственные категории. — М., 1975.

<sup>31</sup> См.: Основные положения методики экономической оценки природных ресурсов в массовых планово-проектных расчетах (проект). — В кн.: Экономические проблемы оптимизации природопользования. — М.: Наука, 1973.

<sup>28</sup> Каргажанов З. К., Жансеитов Ш. Ф., Тлеубергенов М. А. и др. Прогнозирование использования минеральных ресурсов региона. — Алма-Ата: Наука, 1976, с. 38.

<sup>29</sup> Аганбегян А. Г., Вагриновский К. А., Гранберг А. Г. Система моделей народнохозяйственного планирования. — М.: Мысль, 1972, с. 101—136.

5. Разница между замыкающими и прямыми приведенными затратами на прирост производства данной продукции (дифференциальная рента по качеству и местоположению), отнесенная на единицу соответствующего природного ресурса, и является *показателем экономического выигрыша*, приносимого данным ресурсом, — его экономической оценкой.

6. В качестве экономической оценки природного ресурса должен приниматься *максимально возможный* экономический выигрыш от его эксплуатации при данном уровне замыкающих затрат и ограничениях, накладываемых проектируемой технологией утилизации природных ресурсов, лимитами капитальных вложений и т. д.

7. Предлагаемые в этом документе методы экономической оценки природных ресурсов на основе замыкающих затрат предназначены прежде всего для обоснования таких параметров воспроизводства и эксплуатации природных ресурсов, изменение значений которых мало влияет на величину замыкающих затрат, т. е. связанных с относительно малыми изменениями общесоюзных ресурсов данного природного богатства.

8. Наиболее совершенным из практически доступных в ближайшей перспективе методов определения замыкающих затрат авторы методики считают метод расчета оптимальных оценок продукции в процессе оптимизации крупных территориально-производственных комплексов, охватывающих одновременно отраслевой и региональный аспекты развития сельскохозяйственного производства или группы добывающих отраслей, взаимосвязанных друг с другом по условиям производства и (или) потребления продукции (топливно-энергетический баланс, сырьевые балансы черной, цветной металлургии, горной химии и т. д.).

Цитируемый документ представляет попытку построения целостной системы определения народнохозяйственной значимости природных ресурсов и удачно опосредует основные идеи оптимального планирования в сфере первичных отраслей общественного производства.

Разделяя в целом изложенную концепцию, хотелось бы обратить внимание на следующие моменты. Конечно, всегда можно сконструировать экономико-математические модели, предназначенные для расчета замыкающих затрат, целевые функции которых «должны соответствовать применяемому ныне критерию выбора вариантов в

планово-проектных расчетах — минимуму текущих и единовременных затрат на заданный объем производства за период создания и функционирования проектируемого объекта с учетом фактора времени» и, добавим, как следует из текста, минимуму приведенных затрат. Последние признаются частным случаем первого критерия при условии одинаковых сроков функционирования объектов по сопоставляемым вариантам, постоянства ежегодной величины текущих затрат и осуществления всех единовременных затрат в год, предшествующий началу функционирования объекта<sup>32</sup>. Принципиальное отождествление локальных критериев минимума «интегральных» и приведенных затрат, по существу, в данном контексте означает признание эквивалентности двух видов экономической оценки природных ресурсов — максимизации *годовой* дифференциальной ренты (эта оценка производится приведенными затратами) и максимизации капитальной «ценности» запаса в недрах как суммы предстоящих рентных доходов с учетом фактора времени за период эксплуатации соответствующего источника. Тем самым признается, что оба эти критерия определяют одинаковые режимы обустройства и эксплуатации источника ресурса (нормы отбора запаса, продолжительность эксплуатации месторождений, уровень затрат на обустройство и т. д.).

Но если при максимизации годовой ренты сокращение сроков отработки запасов автоматически повышает массу годовой добычи, то при подсчете «капитальной ценности» такому изменению нормы отбора запаса противостоит при прочих равных условиях ряд теряемых рентных доходов. Последнее обуславливает более длительный период отработки запаса (когда максимизируется интегральная оценка источника) по сравнению со сроком, максимизирующим годовую ренту. В настоящей работе соотношение капитальной и текущей оценки источников ресурсов подробно исследуется в гл. 5<sup>33</sup>.

<sup>32</sup> «Эквивалентность» этих критериев основывается на исходной посылке о единой природе народнохозяйственного норматива эффективности капитальных вложений  $E$  и дисконтной ставки  $\delta$ , делающей возможным соизмерение разнесенных во времени затрат и результатов. В литературе известна и другая точка зрения — принципиальное различие норматива  $E$  и  $\delta$ .

<sup>33</sup> См. также: Богачев В. Н. О горной ренте и оценке месторождений сырья и топлива. — Вопросы экономики, 1974, № 9.

Далее в проекте признается, что действительно обоснованные замыкающие затраты на продукцию, получаемую при эксплуатации данного вида ресурса, можно получить лишь из анализа экономико-математических моделей «крупных территориально-производственных комплексов, охватывающих одновременно отраслевой и региональный аспекты развития сельскохозяйственного производства или группы добывающих отраслей, взаимосвязанных друг с другом по условиям производства и (или) потребления продукции»<sup>34</sup>. Однако в таком случае предлагаемые в методике показатели экономической оценки природных ресурсов, понимаемой как «разница между замыкающими и прямыми приведенными затратами на прирост производства данной продукции», в сущности, являются «приближенным показателем совокупного народнохозяйственного эффекта». Действительно, обоснованное применение показателя приведенных затрат основывается не только на исходной предпосылке — фиксации положительного эффекта по оцениваемым проектам, — но и на предрешении вопроса о необходимости данного объема ресурса обществу. В изложенной выше методике приведенным затратам вменяется не свойственная им функция отбора проектов по «приносимому ими положительному эффекту». А приводимые К. Г. Гофманом доказательства эквивалентности критериев максимизации дифференциальной ренты, понимаемой как разница между замыкающими и приведенными затратами, и минимума приведенных затрат, по существу, узаконивают такое расширение сферы применимости последнего критерия<sup>35</sup>.

#### § 4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОК

Так как экономическая оценка источников природного ресурса в конечном счете определяется сравнением затрат на их освоение, возникает необходимость выявления характеристик и состава этих затрат, обусловленных спецификой процесса освоения и воспроизводства ресур-

<sup>34</sup> Основные положения методики экономической оценки..., с. 41.

<sup>35</sup> Гофман К. Г. Методологические проблемы оптимизации процессов природопользования в социалистическом хозяйстве. — Изв. АН СССР. Сер. экон., 1972, № 4.

сов. Вместе с тем общая методология экономической оценки природных ресурсов позволяет обратиться к вопросу об экономическом содержании оценок ресурсов безотносительно к специфике их освоения.

Наличие альтернативных путей освоения и различных сфер использования одного и того же природного ресурса обуславливают относительность экономической оценки, а также сфер ее использования. Так, например, оценки источников однородного природного ресурса, выступающего объектом эксплуатации одной отрасли, могут быть использованы для регулирования внутриотраслевых хозяйственных отношений, выравнивания условий хозяйствования производственных коллективов и совершенствования системы цен на продукцию отрасли. Наглядным примером может также служить ситуация, когда из трех участков земель, на которых одна и та же сельскохозяйственная культура имеет одинаково высокую урожайность, два обеспечивают потребность народного хозяйства в данный период по этой культуре, а третий выделяется под другую культуру с наименьшей урожайностью, что заведомо приводит к его использованию с более низкой эффективностью. Это показывает, что уровень оценок природных ресурсов и сферы их использования полностью обусловлены границами и условиями той хозяйственной ситуации, в которой осуществляется их определение.

Учитывая высокий динамизм народного хозяйства, можно представить, в какой мере могут измениться оценки природных ресурсов во времени. Поэтому вопрос о том, отражает ли полную народнохозяйственную эффективность от вовлечения данного природного ресурса в хозяйственный оборот его экономическая оценка, связан с полнотой и адекватностью учета всех условий процесса природопользования.

Признание того факта, что при выборе того или другого варианта освоения природных ресурсов регулирующими являются затраты, возникающие при эксплуатации относительно худших по качеству и по местоположению ресурсов, дает возможность судить о важности этих затрат (замыкающих) при проведении экономической оценки природных ресурсов. При конструировании конкретных показателей народнохозяйственной значимости источников природных ресурсов широко используются приведенные затраты. Во многих упоминавшихся выше и



других работах приведенные затраты (рядом с замыкающими) служат базой для расчета дифференциальной ренты, получаемой при эксплуатации того или иного источника природного ресурса. В этой связи полезно вспомнить некоторые исходные положения теории сравнительной эффективности капитальных вложений. Кроме того, как приведенные затраты, так и рентные показатели применяются для оценки локальных решений, в частности в отраслях первичного производства. Выявление соотношения между ними связано с представлениями о свойствах общей формы локального критерия, сложившимися в настоящее время.

При анализе проблем, связанных с построением локального критерия, обычно используется понятие оптимального режима функционирования экономики — режима, при котором все звенья хозяйства действуют в строгом соответствии с народнохозяйственным критерием<sup>36</sup>. Общая форма локального критерия, выражающая народнохозяйственные интересы при всех возможных ситуациях, может быть получена на основе интегральной оценки совершенствования процессов деятельности хозяйственных объектов. Суммируя общественную полезность всех малых изменений деятельности хозяйственного объекта за тот или иной период времени, можно подсчитать их суммарный народнохозяйственный эффект, а тем самым народнохозяйственную эффективность рассматриваемого объекта. Эта величина и может служить общей формой локального критерия, наиболее полно соответствующего народнохозяйственному.

Локальный критерий выбора варианта развития хозяйственного объекта тем совершеннее, чем точнее он позволяет определить влияние вариаций по данному объекту на народнохозяйственный критерий оптимальности. Рассматривая в качестве критерия максимум прибыли как разницы между стоимостью произведенной продукции и измеренными в оптимальных ценах полными затратами на ее производство, при известных (до решения задачи) оптимальных объемах производства будем иметь критерий, эквивалентный минимуму затрат. Наряду с упрощенными формами локального критерия постепенно

<sup>36</sup> Пугачев В. Ф. Приложения общей формы локального критерия хозяйственной эффективности. — Экономика и математические методы, 1970, т. VI, вып. 2, с. 254—264.

нашли применение его выражения, совпадающие с интегральной формой, и прежде всего статистическая модификация. Такое развитие существующих и применяемых ныне локальных критериев в направлении к показателю, наиболее полно отражающему народнохозяйственную значимость оцениваемых проектов, нашло свое отражение в сфере природопользования.

Известно, что критерий оценки источников природных ресурсов должен отражать дифференциацию затрат на их освоение. Одним из простейших примеров дифференциальных затрат являются приведенные затраты, которые предназначены для достижения наиболее эффективного использования капиталовложений. Показатель же дифференциальных затрат используется для достижения наиболее эффективного использования всех ресурсов народного хозяйства, т. е. помимо предстоящих затрат общественного труда на производство данной продукции включает также затраты обратной связи, выражающие приращение затрат на другие продукты, вызванное использованием в процессе производства данной продукции более эффективных средств производства.

Такого рода обратные связи, видимо, следует признать положительными, поскольку приращения затрат в народном хозяйстве, вызванные отвлечением отдельных ресурсов в оцениваемый проект, входят в дифференциальные затраты по проекту дополнительным компонентом к прямым издержкам. Отказ от реализации какого-либо проекта и, следовательно, от определенной величины положительного эффекта, производимого этим способом, приводит не только к экономии на прямых издержках и затратах обратной связи, но и к необходимости восполнить эту потерю части требуемой продукции каким-то другим способом, возможно не вошедшим в первоначальную совокупность проектных решений.

Следовательно, принятие данного проекта в сущности означает экономию на затратах по производству того же объема продукции в других звеньях народного хозяйства. При известной величине общественно необходимых затрат на единицу продукции данного вида такую экономию можно оценить количественно — как произведение значений общественно необходимых затрат и положительного эффекта по оцениваемому проекту. Это означает, что полная сумма расходов, связанных с реализацией данного проекта, должна быть уменьшена на

величину экономии на затратах в народном хозяйстве, вызываемой положительным эффектом, который предполагается в оцениваемом варианте. В этом смысле обратная связь такого рода может быть охарактеризована как отрицательная.

В частном случае, когда единственным дефицитным ресурсом предполагаются капитальные вложения, формула дифференциальных затрат с учетом оценки положительного эффекта имеет вид

$$c_i + Ek_i - sQ_i, \quad (2.1)$$

где  $c_i$  — текущие затраты на  $i$ -й объект;  $k_i$  — капитальные вложения в  $i$ -й объект;  $s$  — предельный уровень текущих затрат на приращение производства продукции;  $Q_i$  — величина предполагаемого положительного эффекта.

Минимизация по каждому объекту локального показателя (2.1) приводит к плану, доставляющему минимум затрат в целом по программе<sup>37</sup>. Локальный показатель (2.1) может быть представлен в эквивалентной форме

$$sQ_i - (c_i + Ek_i) \rightarrow \max. \quad (2.2)$$

В этом выражении он и по форме, и по содержанию совпадает с показателями экономической оценки природных ресурсов, рекомендуемыми почти всеми специалистами в этой области. Показатель (2.2) является дифференциальной рентой и по сути есть не что иное, как превращенная форма локального затратного показателя в условиях относительной свободы выбора величины положительного эффекта по сравниваемым проектам<sup>38</sup>.

Критерий минимума приведенных затрат находится по той же модели, что и критерий (2.2), но в более жестких предположениях — априорных относительно рассматриваемой схемы уровня положительного эффекта по проектируемым направлениям капитальных вложений. Как критерий максимума дифференциальной ренты, так и критерий минимума приведенных затрат предстают частными проявлениями одного и того же локального показателя качества проектных вариантов — дифферен-

циальных затрат, состоящих из прямых затрат по проекту и затрат обратной связи. Разница лишь в том, что показатель приведенных затрат учитывает только затраты положительной обратной связи как суммы теряемой на других участках народного хозяйства экономии затрат общественного труда из-за отвлечения в данный проект некоторой доли общего фонда капиталовложений. Показатель дифференциальной ренты (2.2) помимо этого учитывает и действительную экономию общественных затрат, вызываемую тем, что предполагаемый положительный эффект будет получен благодаря данному проекту, а не в других звеньях народного хозяйства. Отражение оценки положительного эффекта в самом показателе качества проекта позволяет отказаться от наиболее сурового требования, предъявляемого к применению критерия минимума приведенных затрат — «правила тождества эффекта». В то же время необязательность этого правила для критерия максимума дифференциальной ренты снимает вопрос об эквивалентности критериев вида (2.2) и минимума приведенных затрат, по крайней мере, в той форме, в которой ее доказывает К. Г. Гофман<sup>39</sup>.

Совпадение решений по этим критериям на альтернативных проектах еще не доказывает их эквивалентности. Говорить об эквивалентности критериев минимума приведенных затрат и максимума дифференциальной ренты можно лишь в том смысле, что оба эти критерия суть частные проявления более общего показателя оценки качества локальных проектов.

Тот факт, что именно в сфере природопользования разработка проблемы построения локального критерия получила дальнейшее практическое развитие, безусловно, определяется тем, что фундаментальной теоретической базой здесь служит марксистско-ленинская теория ренты. Немаловажно и то обстоятельство, что серьезное внимание к проблеме оценки природных богатств было уделено лишь в последние 15—20 лет. Именно к этому времени советской экономической наукой были частично разработаны и апробированы в практике методы оценки локальных решений, в наибольшей мере отвечающие на-

<sup>37</sup> Мкртчян Г. М., Суспицын С. А., Клисторин В. И. Оценка ресурсов в моделях природопользования. — М.: Наука, 1978, с. 34—35.

<sup>38</sup> Новожилов В. В. Проблемы соизмерения затрат и результатов при оптимальном планировании. — М.: Экономика, 1972, с. 298—299.

<sup>39</sup> Гофман К. Г. Методологические проблемы оптимизации процессов природопользования в социалистическом хозяйстве. — Изв. АН СССР. Сер. экон., 1972, № 4.

роднохозяйственным интересам. Естественно, что существующий опыт был усвоен и на его основе исходя из основных положений марксистской теории ренты были выработаны подходы к построению локальных критериев народнохозяйственной значимости природных ресурсов.

Уже отмечалось, что теоретически правильный локальный критерий строится на основе соизмерения в оптимальных ценах производимой продукции и полных затрат на ее производство, включающих наряду с прямыми затратами затраты «обратной связи». Следовательно, необходимым условием построения такого критерия является знание оптимальных цен не только производимой продукции, но и цен всех затрачиваемых в производстве ограниченных ресурсов, в том числе и природных.

Поскольку в современной постановке проблемы экономической оценки ресурса вопрос состоит именно в том, чтобы определить сами эти оптимальные цены природных ресурсов, то совпадающий с интегральной формой локальный критерий соответствующим образом переформулируется. Качество проектов природопользования оценивается не сопоставлением результатов и полных затрат, измеренных в оптимальных ценах, а разницей между оптимальными ценами продукции, полученной при эксплуатации данного природного ресурса, и полными затратами на ее производство без соответствующей рентной составляющей. Эта разность и составляет дифференциальную ренту, а в оптимальном плане оба критерия совпадают.

Иными словами, «концепция оптимальной дифференциальной ренты при социализме»<sup>40</sup> предстает превращенной формой общего локального критерия определения народнохозяйственной эффективности хозяйственных объектов в сфере природопользования.

Изложенные принципы построения локальных критериев «вообще» и в сфере природопользования в частности позволяют охарактеризовать некоторые из существующих в настоящее время подходов к определению экономической оценки природных ресурсов не в проти-

вопоставлении их друг другу, как это можно встретить в литературе, а как различных стадий развития одного и того же локального показателя, имеющих в конечном счете своим пределом общую форму локального критерия.

Прежде всего отметим подходы к конкретным способам исчисления рентных оценок.

Исходной, видимо, следует считать попытку построения таких оценок на базе исчисления бортовой себестоимости продукта, под которой понимается предельно допустимая себестоимость продукта из наилучших разрабатываемых блоков или частей на месторождениях данного полезного ископаемого. При этом бортовая себестоимость должна быть принципиально единой для каждого продукта разработки недр. Высказывалось мнение, что горная рента, исчисляемая на основе выравненной и экономически проверенной себестоимости, будет соответствовать общим интересам народного хозяйства<sup>41</sup>.

Следующий этап состоит, вероятно, в попытке дать оценку источникам природных ресурсов не только с позиции экономии (перерасхода) прямых «затрат замещения», но и с учетом ограниченности других ресурсов народного хозяйства, и прежде всего ресурса многоцелевого применения — капитальных вложений. Речь идет об исчислении дифференциальной ренты на базе приведенных затрат. Как отмечает В. В. Варавкин, «хотя приведенные затраты и не полностью отражают общественно необходимые затраты при эксплуатации разнокачественных ресурсов, они все же позволяют в определенной мере учитывать общественную стоимость сырья»<sup>42</sup>.

Следующий шаг связан с пониманием того, что фактические замыкающие затраты производства продукции не обязательно совпадают с общественно необходимыми. Условием такого совпадения является равенство предельного (замыкающего) эффекта использования данного продукта природопользования замыкающим затратам на его получение. Отсюда попытка исчисления регули-

<sup>41</sup> Володомонов Н. В. Горная рента.— М.: Экономика, 1967; Гаргажанов З. К., Жанселтов Ш. Ф., Тлеубергенов М. А. и др. Прогнозирование использования минеральных ресурсов региона.— Алма-Ата: Наука, 1976.

<sup>42</sup> Варавкин В. В. Методологические вопросы региональной оценки природных ресурсов.— М.: Наука, 1974, с. 30.

<sup>40</sup> Гофман К. Г. Экономическая оценка природных ресурсов в условиях социалистической экономики.— Экономика и математические методы, 1974, т. X, вып. 3, с. 469—480.



рующих затрат на базе затрат замыкающего потребителя<sup>43</sup>.

Свое наиболее полное выражение развитие методов оценки источников природных ресурсов нашло в концепции, разрабатываемой Центральным экономико-математическим институтом АН СССР. Под регулируемыми затратами здесь понимаются предельно допустимые с народнохозяйственной точки зрения затраты на увеличение производства данной продукции. Их действительный уровень может быть найден на основе оптимизации всего народного хозяйства на базе расчетов по моделям, «сочетающим отраслевой и региональный аспекты развития сельскохозяйственного производства или группы добывающих отраслей, взаимосвязанных друг с другом по условиям производства и (или) потребления продукции»<sup>44</sup>.

Все рассмотренные подходы преследуют общую направленность с точки зрения определения базового объекта (затрат освоения запасов ресурсов данного объекта), по сравнению с которым определяется эффективность освоения запасов других объектов. Разница заключается лишь в содержании (составе) регулирующего показателя, а также в уровне полноты охвата факторов, определяющих уровень регулирующего показателя.

На базе простейших экономико-математических моделей попытаемся проанализировать соотношение показателей общественно необходимых и замыкающих затрат, дифференциальной ренты и рентной оценки, а также их роль в стимулировании рационального использования природных ресурсов.

Рассмотрим модель природоэксплуатирующей отрасли. Предположим, что  $\omega$  — общественно необходимые затраты отрасли — это затраты на эксплуатацию худших источников. Тогда стоимость выпускаемой отраслью продукции будет равна  $\omega f(x)$ , где  $f(x)$  — функция, определяющая зависимость между выпуском продукции и интенсивностью разработки источников соответствующих ресурсов. Пусть издержки производства продукции отрасли определяются функцией  $\varphi(x)$ . Тогда суммарная прибыль  $F(x)$  отрасли будет равна разности между стои-

мостью произведенной продукции и издержками производства:

$$F(x) = \omega f(x) - \varphi(x). \quad (2.3)$$

Это выражение для природоэксплуатирующих отраслей можно рассматривать как суммарную прибыль (рентный показатель).

Предположим далее, что отрасль планирует свою деятельность так, чтобы максимизировать рентный показатель при неограниченности суммарных запасов ресурсов:  $\max_{x \geq 0} F(x) = \max_{x \geq 0} [\omega f(x) - \varphi(x)]$ . Для оптимального решения этой задачи должны удовлетворяться условия

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \omega \frac{\partial f}{\partial x_i} - \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \quad (i = \overline{1, n}). \quad (2.4)$$

В простейшем случае, когда функция выпуска продукции имеет вид  $f(x) = \sum_{i=1}^n x_i$ , а функция издержек —  $\varphi(x) = \sum_{i=1}^n c_i x_i$ , где  $c_i$  — средние индивидуальные затраты на добычу единицы ресурса в  $i$ -м источнике, условия (2.4) могут быть записаны в следующем виде:

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \omega - c_i = 0 \quad (i = \overline{1, n}) \quad (2.5)$$

или  $\omega = c_i$ , что соответствует оптимальному режиму функционирования отрасли и означает равенство общественно необходимых (регулирующих) затрат и средних индивидуальных затрат на добычу ресурсов во всех источниках. В случае превышения  $\omega$  над  $c_{i_0}$ , т. е.  $\omega df > c_{i_0} dx_{i_0}$ , предполагается, что при небольшом увеличении выпуска продукции за счет эксплуатации  $i_0$ -го источника стоимость дополнительно произведенной отраслью продукции  $\omega df$  превышает затраты на добычу сырья на  $i_0$ -м источнике. Поэтому имеет смысл увеличить добычу сырья на  $i_0$ -м источнике. При обратном соотношении  $\omega df < c_{i_0} dx_{i_0}$  отрасль стремится увеличить рентный показатель за счет уменьшения добычи сырья на  $i_0$ -м источнике до такого уровня, пока не будет выполняться условие (2.5) или не будет исключен из рассмотрения  $i_0$ -й источник ( $x_{i_0} = 0$ ).

<sup>43</sup> Руководящие указания к использованию замыкающих затрат на топливо и электрическую энергию. — М.: Наука, 1973.

<sup>44</sup> Основные положения методики..., с. 41.

Само выражение (2.5) показывает, что максимальное значение рентного показателя отрасли определяется из условий нулевой экономии общественных затрат. При этом определяется также оптимальный уровень выпуска продукции  $\bar{P}$ .

Теперь рассмотрим случай оптимизации деятельности отрасли, когда запасы ресурсов ограничены как в целом, так и по отдельным источникам, т. е.  $x < Q$  или  $x_i < Q_i$ . Тогда выражение (2.3) запишется следующим образом:

$$F(x, u) = \omega f(x) - \varphi(x) - \sum_{i=1}^n (x_i - Q_i) u_i,$$

где  $u_i$  рассматривается как ценность единицы ресурса  $i$ -го источника, подлежащая определению. Отметим, что при ограниченности запасов ресурсов прибыль природоэксплуатирующей отрасли регулируется ценностью запасов отдельных источников. Эту роль играет третья составляющая (2.6), показывающая, что превышение добычи на  $i$ -м источнике сырья на единицу больше, чем запасы  $Q_i$ , вызывает потери в размере  $u_i$ , а неиспользованные запасы могут быть реализованы по цене  $u_i$ . Условия, при которых функция (2.6) достигает своего максимального значения, записываются следующим образом:

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \omega \frac{\partial f}{\partial x_i} - \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} - u_i = 0. \quad (2.7)$$

Это означает, что должны существовать такие показатели ценности запасов источников  $\bar{u}_i$ , для которых условия (2.7) соответствуют оптимальным объемам добычи на источниках  $\bar{x}_i$ . Процесс оптимизации функционирования отрасли с точки зрения максимизации ее суммарной прибыли происходит таким образом, что превышение добычи над лимитами запасов сопровождается увеличением ценности запасов, а неиспользование запасов — ее уменьшением. Этот процесс приводит к установлению равновесия между объемами добычи  $\bar{x}$  и предельными ценами на запасы  $\bar{u}_i$ .

Учитывая ранее указанное предположение о видах функций  $f(x)$  и  $\varphi(x)$ , из выражения (2.7) получим, что

$$\omega - c_i - \bar{u}_i = 0$$

или

$$\omega = c_i + \bar{u}_i. \quad (2.8)$$

Выражение (2.8) показывает, что при ограниченности запасов оптимальное функционирование природоэксплуатирующей отрасли характеризуется условиями равенства общественно необходимых затрат и средних индивидуальных, откорректированных предельными ценами запасов. Что представляют собой эти предельные цены? Из равенства (2.8) видно, что  $\bar{u}_i = \omega - c_i$  является показателем дифференциальной ренты в классическом определении и совпадение общественно необходимых и средних индивидуальных затрат является условием нулевой дифференциальной ренты.

С учетом уравнения (2.7) имеем условие

$$\omega \frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} + u_1 = \dots = \frac{\partial \varphi}{\partial x_n} + u_n,$$

означающее равенство экономически целесообразных предельных издержек  $\partial \varphi / \partial x_i + u_i$  и предельных производностей в стоимостном выражении  $\omega \partial f / \partial x_i$  по всем источникам. При принятых предположениях предельные издержки производства равняются цене  $\omega$  продукции отрасли. В данном случае полемика о том, могут ли предельные затраты служить основой цены, становится беспредметной.

Кроме того, из изложенного следует, что введение дополнительной платы за осваиваемые запасы на уровне  $u_i$  делает одинаково эффективным освоение этих источников и исчезает дополнительный стимул освоения в первую очередь особо эффективных источников. Отсюда очевидна некорректность утверждения ряда экономистов (сторонников рентной концепции) об определении очередности освоения источников природных ресурсов на основе их экономической оценки. Об этом свидетельствуют и результаты решения оптимизационных задач по освоению группы источников однородных природных ресурсов (см. гл. 4).

Дифференцируя  $F(x, u)$  по  $Q_i$ , получим удельные рентные оценки запасов  $i$ -го источника, т. е.  $\frac{\partial F}{\partial Q_i} = \bar{u}_i$ .

Соотношение же общественно необходимых затрат и затрат на освоение единицы запаса худшего из осваиваемых источников определяется из уравнения (2.8), откуда

очевидно, что отрасль, заранее ограничивая предел общественно необходимых затрат на выпуск продукции, с точки зрения максимизации суммарной прибыли, лимитирует также максимально возможную добычу сырья условием равенства регулирующих и средних индивидуальных затрат. Подобная ситуация соответствует условию нулевой рентной оценки.

Задачей общественно необходимых затрат или цены на продукцию природоэксплуатирующей отрасли эквивалентно заданию необходимого объема выпуска продукции, т. е. производственной программы. В данной ситуации меняется подход к процессу оптимизации деятельности отрасли. Выполняя производственную программу, отрасль заинтересована минимизировать суммарные затраты труда на ее выполнение. Суммарные затраты отрасли на выполнение производственной программы составят

$$\Phi(x, \omega, u) = \Phi(x) + [\Pi - f(x)]\omega + \sum_{i=1}^n (x_i - Q_i)u_i. \quad (2.9)$$

Здесь  $\Pi$  — потребный объем выпуска продукции отрасли, т. е.  $f(x) \geq \Pi$ ;  $\omega$  — потери отрасли, вызванные невыполнением производственной программы на единицу, и одновременно выигрыш от ее перевыполнения на единицу. Что касается показателя  $u_i$ , то его можно интерпретировать как меру дополнительных затрат, вызванных превышением выпуска продукции на  $i$ -м предприятии сверх лимита  $Q_i$ , и одновременно как выигрыш от недоиспользования запасов, например переводом в баланс других предприятий оставшихся запасов.

Руководствуясь критерием минимизации своих суммарных издержек, отрасль при оптимизации деятельности по выполнению производственной программы будет минимизировать суммарные издержки производства, определяемые выражением (2.9). Последнее представляет собой функцию Лагранжа, которая при некоторых предположениях о функциях  $\Phi(x)$  и  $f(x)$  и условиях ограниченности запасов, а также при обязательном выполнении производственной программы, достигает своего минимального значения в точке, определяемой соотношением

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x_i} = \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} - \omega \frac{\partial f}{\partial x_i} + u_i = 0. \quad (2.10)$$

Полученные ограничения показывают, что при оптимальном функционировании отрасли (с минимальными затратами) для всех ее предприятий величина затрат  $\frac{\partial \Phi}{\partial x_i}$  и  $u_i$  на превышение лимитов выпуска продукции по  $i$ -му источнику равна выигрышу отрасли от перевыполнения производственной программы  $\omega \frac{\partial f}{\partial x_i}$ . Из соотношения  $\frac{\partial \Phi}{\partial x_i} - \omega \frac{\partial f}{\partial x_i} + u_i > 0$  или, что то же самое,

$d\Phi + u_i dx_i > \omega df$  следует, что при небольшом увеличении добычи на  $i$ -м источнике затраты будут превосходить выигрыш от дополнительного выпуска продукции, поэтому следовало бы уменьшить добычу на  $i$ -м источнике, уменьшив таким образом и суммарные затраты. Обратное же соотношение  $\frac{\partial \Phi}{\partial x_i} - \omega \frac{\partial f}{\partial x_i} + u_i < 0$  или, что то же

самое,  $d\Phi + u_i dx_i < \omega df$  означает, что при небольшом увеличении выпуска продукции отрасли за счет повышения добычи на  $i$ -м источнике выигрыш отрасли в затратах  $\omega df$  будет превосходить ее расходы на эту дополнительную добычу. Поэтому имело бы смысл увеличить добычу на  $i$ -м источнике и таким образом уменьшить суммарные затраты отрасли. Должны, следовательно, существовать такие значения  $\omega$  и  $u_i$ , при которых условия (2.10) удовлетворяются при оптимальном уровне добычи сырья. Действительно, если на  $i$ -м источнике предполагаемый объем добычи превышает ограничение по запасам, то или увеличивается показатель затрат  $u_i$  на добычу сверх существующих запасов, или уменьшается показатель экономии суммарных затрат  $\omega$  от перевыполнения производственной программы. Если же запасы на  $i$ -м источнике осваиваются не полностью, тогда показатель экономии затрат  $u_i$  за счет перевода недоосвоенных запасов в баланс других предприятий можно уменьшить или увеличить показатель потерь  $\omega$ , связанных с невыполнением плана по суммарной добыче сырья, что должно стимулировать увеличение добычи сырья на  $i$ -м источнике.

Во всех рассмотренных случаях такой механизм изменения показателей  $u_i$  и  $\omega$  в конце концов приводит к установлению равновесия между определенными значениями  $u_i$  и  $\omega$  и оптимальными объемами добываемого сырья на источниках  $\bar{x}_i$ , которые минимизируют суммарные затраты отрасли.



Конкретизируем экономическую интерпретацию оптимальных значений показателей  $\bar{u}_i$  и  $\bar{\omega}$ . Очевидно, что

$$\frac{\partial \varphi(\bar{x})}{\partial \Pi} = \bar{\omega}, \quad (2.11)$$

где  $\bar{x}$  — оптимальное значение вектора, при котором функция затрат  $\varphi(x)$  достигает своего минимального значения с учетом ограничений  $f(x) \geq \Pi$  и  $x_i \leq Q_i$  ( $i = 1, \dots, n$ )<sup>45</sup>. В самом деле,  $\bar{\omega}$  характеризует предельные затраты на прирост выпуска продукции (добычи сырья).

Аналогично можно записать соотношение

$$\frac{\partial \varphi(\bar{x})}{\partial Q_i} = -\bar{u}_{i_i} \quad (2.12)$$

которое характеризует предельную экономию затрат при увеличении запасов (извлекаемых) на  $i$ -м источнике. Предположение о том, что  $\bar{u}_i$  характеризует удельные затраты на освоение сверх лимита запасов и одновременно рассматривается как эффект экономии суммарных затрат при недоосвоении запасов за счет перевода оставшихся запасов в баланс других предприятий, было обусловлено содержательной интерпретацией выражения (2.9). В самом деле, показатель  $\bar{u}_i$  можно рассматривать как цену единицы запаса  $i$ -го источника, и если она определяется исходя из удельных затрат на подготовку запасов, то такая интерпретация никак не отличается от первоначальной.

Предположим, что  $\varphi(x) = \sum_{i=1}^n c_i x_i$ , а  $f(x) = \sum_{i=1}^n x_i$ , где  $c_i$  — затраты труда на добычу единицы сырья на  $i$ -м месторождении, и запишем условия, определяющие оптимальные значения  $x$ ,  $\omega$ ,  $u$ , при которых  $\Phi(x, \omega, u)$  достигает своего глобального минимума,

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x_i} = c_i - \omega + u_i = 0 \quad (2.13)$$

и условия дополняющей нежесткости

$$\left( \Pi - \sum_{i=1}^n x_i \right) \omega = 0; \quad (2.14)$$

$$(x_i - Q_i) u_i = 0 \quad (2.15)$$

или

$$x_i(c_i - \omega + u_i) = 0. \quad (2.16)$$

Из предположения об обеспеченности необходимого объема добычи запасами следует, что выражение при выполнении условий (2.14) должно быть записано в виде

$$c_i - \omega + u_i \geq 0. \quad (2.17)$$

Из соотношений (2.16) видно, что для всех источников, участвующих в выполнении производственной программы, соответствующие условия (2.15) в оптимальном плане превращаются в равенство, т. е.

$$c_i - \bar{\omega} + \bar{u}_i = 0$$

или

$$\bar{u}_i = \bar{\omega} - c_i. \quad (2.18)$$

Учитывая, что  $\bar{\omega}$  отражает предельные затраты на прирост добычи сырья на единицу в целом по отрасли,  $\bar{u}_i$  можно интерпретировать как рентные оценки. Вопрос заключается лишь в том, как определяется  $\bar{\omega}$  или каково соотношение между  $c_i$  и  $\bar{\omega}$ . При неполном освоении запасов для выполнения производственной программы любого  $i_0$ -го источника в оптимальном плане  $u_{i_0} = 0$ . Это следует из условий (2.15), а с учетом (2.16) получаем  $c_{i_0} = \bar{\omega}$ , т. е. предельные затраты на прирост добычи в целом по отрасли определяются на уровне средних затрат источника с нулевой ценой на запасы или с нулевой рентной оценкой. Учитывая, что условия (2.13) при оптимальном плане удовлетворяются для всех источников, участвующих в выполнении производственной программы, можно заключить, что  $c_{i_0} \leq c_i$  для всех  $i$ , для которых  $\bar{x}_i > 0$ . Таким образом, предельные затраты на обеспечение единичного прироста добычи определяются на уровне затрат худшего из используемых источников. Это свидетельствует о том, что рентная оценка и дифференциальная рента имеют одну и ту же смысловую интерпретацию и могут быть определены одновременно с помощью условий (2.18) в рамках задачи обеспечения заданного объема добычи при минимальных затратах.

Такой вывод становится очевидным также при рассмотрении задачи обеспечения добычи заданного объема при минимальных затратах без использования методов

<sup>45</sup> Хедли Д. Непланированное динамическое программирование. — М.: Мнр, 1967, с. 85.

оптимального планирования. Рапжируя источники по мере возрастания средних затрат на добычу, отрасль, исходя из максимальной экономии затрат, будет заинтересована разрабатывать в первую очередь источники с меньшими средними затратами, а замыкающим производственную программу будет источник с наибольшими, по сравнению с вошедшими в совокупность, затратами, т. е. худший из осваиваемых. Сравняя средние затраты по всем осваиваемым источникам с аналогичным показателем худшего источника, получим, что относительная средняя эффективность освоения источников, обеспечивающих производственную программу, определяется следующим образом:

$$r_i = c_x - c_i. \quad (2.19)$$

В смысловом отношении это выражение не отличается от условия (2.18), полученного с использованием методов оптимального планирования. Последнее свидетельствует о необоснованности критики оптимального подхода к определению экономической оценки природных ресурсов, при котором двойственная оценка продукции рассматривается в качестве цены, так как определение цены на базе затрат худшего из осваиваемых источников, как правило, не вызывает возражений.

Из теоремы Куна — Таккера следует, что  $\bar{\omega}$  и  $\bar{u}_i$  должны быть оптимальным решением следующей задачи линейного программирования<sup>46</sup>:

найти максимальное значение функционала

$$L(\omega, u) = \omega\Pi - \sum_{i=1}^n u_i Q_i \quad (2.20)$$

при условиях

$$\omega - u_i \leq c_i. \quad (2.21)$$

Из этой постановки видно, что при известных средних затратах на добычу сырья по различным источникам основополагающую роль в формировании (определении) как регулирующих затрат на прирост единицы продукции, так и рентных оценок играет соотношение производственного задания и наличных промышленных запасов.

Приведенная интерпретация показателей  $\omega$  и  $u_i$  на первый взгляд может поставить под сомнение подобную постановку задачи, так как целевая функция (2.20) в данном случае отражает затраты труда на обеспечение выпуска продукции в объеме  $\Pi$ <sup>47</sup>. На самом деле она характеризует трудовую стоимость валового дохода отрасли, так как показатель  $\bar{\omega}$  помимо полных затрат труда  $c_i$  содержит также рентную оценку  $\bar{u}_i$ , показывающую нормативный эффект, или экономию труда от освоения  $i$ -го источника при обеспечении добычи необходимого объема сырья. Следовательно, созданная отраслью валовая стоимость  $\bar{\omega}\Pi$  превышает трудовую стоимость на  $\sum_{i=1}^n \bar{u}_i Q_i$ . Поэтому отрасль деятельность своих пред-

приятий в конечном итоге ориентирует на максимум трудовых затрат. Условие (2.21) показывает, что предельные затраты на прирост продукции (замыкающие затраты), являясь основой ее цены, не могут быть выше общественно необходимых дифференциальных затрат, а в оптимальном плане природоэксплуатирующих отраслей они не могут быть и ниже, что не исключено в других сферах производства. Хотя при открытии высокопродуктивного источника сырья не обязательно прекращается добыча сырья на менее продуктивных источниках, это не приводит к изменению замыкающих затрат, а лишь меняет интенсивности освоения источников.

Таким образом, для вошедших в оптимальный план источников, как уже было отмечено, имеется условие равенства всех дифференциальных общественно необходимых и предельных затрат на единичный прирост продукции, т. е.  $c_i + \bar{u}_i = \omega$ , что позволяет рассмотреть  $\omega$  как оптимальную цену на продукцию отрасли, определенную на уровне средних затрат труда по худшему из вошедших в план источнику.

Отсюда понятно, что показатели  $\bar{u}_i$  не входят в реальные затраты, они служат инструментом стимулирования минимизации суммарных реальных затрат на выполнение отрасли производственной программы. Это видно из содержательной интерпретации выражения (2.10).

<sup>46</sup> Хедли Д. Нелинейное и динамическое программирование. — М.: Мир, 1967, с. 212.

<sup>47</sup> Разъяснения к аналогичной целевой функции приводятся в: Новожилов В. В. Проблемы измерения затрат и результатов в оптимальном планировании. — М.: Наука, 1972, с. 301.

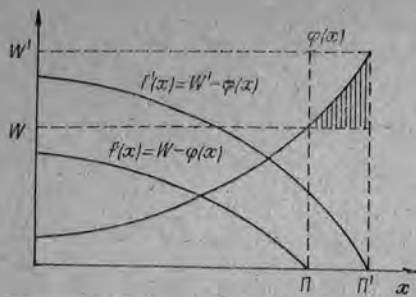


Рис. 1. Соотношение функций затрат на освоение и оценки запасов.

дела (2.20)–(2.21) могут служить инструментом определения как замыкающих затрат на продукцию природоэксплуатирующих отраслей, так и реальных оценок источников природных ресурсов. Кроме того, видна роль тех и других при создании механизма, стимулирующего рациональное использование природных ресурсов.

Однако в практике планирования и управления народным хозяйством пользуются утвержденными ценами на определенный период времени, несмотря на то, что за этот период в связи с ограниченностью запасов высокой продуктивности возможны изменения замыкающих затрат на продукцию природоэксплуатирующих отраслей. Кроме того, эти цены должны соответствовать конкретному соотношению наличных запасов и потребностей народного хозяйства за рассматриваемый период. Иначе при действующих ценах постановка задачи (2.20)–(2.21) должна быть дополнена ограничением типа  $\omega \leq p - \pi$ , где  $p$  — действующая цена на продукцию рассматриваемой отрасли,  $\pi$  — плановая прибыль.

Соответствие цены (замыкающих затрат) и заданной потребности народного хозяйства в продукции рассматриваемой отрасли наглядно видно из рис. 1, где  $\varphi(x)$  — функция затрат на освоение  $x$ -й единицы ресурса,  $w$  — затраты на освоение последней единицы ресурса для обеспечения потребности  $\Pi$ . Кривая  $f(x)$  на рис. 1 — функция ценности  $x$ -й единицы ресурса, выраженная разностью замыкающих и индивидуальных затрат на освоение единицы запаса, т. е.  $w - \varphi(x)$ . Очевидно, что замыкающие затраты при заданной функции ценности определяются из условия  $f(x) = 0$ , т. е.  $w - \varphi(x) = 0$  или

Вместе с тем они отражают нормативы превышения реальных суммарных затрат при неиспользовании запасов соответствующего источника для выполнения производственной программы по добыче сырья.

Более адекватные к реальному производственным процессам моде-

$w = \varphi(x)$ . Величина  $\bar{x}$ , при которой функция ценности принимает нулевое значение, соответствует той потребности народного хозяйства, на базе которой определены замыкающие затраты для построения функции ценности (состав и качество запасов предполагаются неизменными). Пусть потребность народного хозяйства увеличивается до  $\Pi'$ , тогда возрастут и замыкающие затраты, а тем самым и ценности каждой  $x$ -й единицы.

Таким образом, оценки ресурсов, определенные в рамках задач с фиксированными основными экономическими показателями (действующие цены, потребности, состав и качество запасов ресурсов), вряд ли могут быть использованы в управлении функционированием отрасли с измененными показателями. Так, например, при постоянно действующих ценах (определенных на базе  $w$ ) увеличение потребности до  $\Pi'$  приводит к народнохозяйственным потерям, равным  $\int_{\Pi}^{\Pi'} \varphi(x) dx - (\Pi' - \Pi)w$ . Это свидетельствует о том, что механизм стимулирования рационального природопользования должен базироваться на реальных показателях, характеризующих функционирование природоэксплуатирующих отраслей. Такими показателями являются общественно необходимые затраты и определенные на их базе цены на продукцию отрасли, экономические оценки и определенные на их базе нормативы платы за пользование природными ресурсами и т. д. Следует также заметить, что масштабы экономики страны уже позволяют судить об уровне тех потерь, которые могут быть вызваны неправильным исчислением названных показателей и на первый взгляд кажутся мизерными.



## ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

### § 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Качество и полезность любой классификации зависят от того, какие признаки положены в ее основу. Выбор классификационных признаков определяется практикой. Задачи экономической оценки природных ресурсов обуславливают их классификацию по природным и производственным признакам.

Вопросы классификации природных ресурсов рассматривались многими специалистами, особенно в области экономики и географии. Наиболее полная классификация природных ресурсов проведена А. А. Минцем<sup>1</sup>, который часто, с учетом различных признаков, один и тот же ресурс одновременно относит к нескольким классам. Если рассматривать производственные признаки, то это означает возможность многообразного хозяйственного использования одного и того же ресурса. В целом, однако, классификацию А. А. Минца вряд ли можно рассматривать как экономическую. Более целенаправленно классифицирует природные ресурсы М. М. Лойтер<sup>2</sup>, уделяя основное внимание признакам производственного плана.

С точки зрения особенностей экономической оценки природных ресурсов признаки, характеризующие их в производственном аспекте, приобретают особое значение. Одним из них является воспроизводимость ресурсов, учет которой очень важен при планировании удовлетворения потребности народного хозяйства в том или ином виде ресурса. Кроме того, сам факт воспроизводимости

<sup>1</sup> Минц А. А. Экономическая оценка природных ресурсов.— М.: Мысль, 1972, с. 30—31.

<sup>2</sup> Лойтер М. Н. Природные ресурсы и эффективность капитальных вложений.— М.: Наука, 1974, с. 20—28.

ресурса обуславливает соответствующие особенности методов его оценки по сравнению с невозпроизводимыми ресурсами. Среди специалистов часто возникают разногласия по поводу определения понятия воспроизводимости ресурсов, выдвигаются понятия частичной, экономической воспроизводимости и т. п. Для конкретизации обсуждаемого понятия рассмотрим подробнее вопрос воспроизводимости природных ресурсов.

Следует различать понятия воспроизводимости ресурса и воспроизводимости источника ресурса. Любой конкретный источник природного ресурса (месторождение минерального сырья, участок леса, водоем и т. п.) невозпроизводим в том смысле, что путем затрат общественного труда невозможно воспроизвести точно такой же источник в том же качестве и с теми же свойствами запасов. Различаются также экономическая (посредством затрат общественного труда) и естественная (помимо вмешательства человека) воспроизводимость природных ресурсов и их источников. Эту особенность воспроизводства природных ресурсов отмечал еще К. Маркс: «Во всех отраслях производства имеет место воспроизводство, однако это связанное с производством воспроизводство совпадает с естественным воспроизводством только в земледелии, но не в добывающей промышленности»<sup>3</sup>.

С точки зрения экономической воспроизводимости почти все виды минеральных ресурсов воспроизводимы, т. е. темпы роста подготовки запасов полезных ископаемых растут быстрее, чем их добыча. Вместе с тем исчерпаемость запасов минеральных ресурсов наводит на мысль об относительности их экономической воспроизводимости. Аналогично понятие естественной невозможности источников минерального сырья также можно считать относительным. Минеральные ресурсы, образующиеся в результате геологических процессов на протяжении миллионов лет, в историческую эпоху невозможны. Однако при рассмотрении периодов, сопоставимых с продолжительностью прохождения геологических процессов, вряд ли можно назвать хотя бы один вид невозможного ресурса. Вместе с тем для обозримых временных периодов относительность понятия воспроизводимости природных ресурсов обусловлена только науч-

<sup>3</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 25, ч. II, с. 60.

по-техническому прогрессом. В условиях его возрастания не исключена возможность установления законов происхождения тех или иных видов полезных ископаемых и разработки технологий ускорения некоторых геологических процессов для создания определенных резервов соответствующих ресурсов.

Таким образом, отнесение природного ресурса или его источника к числу воспроизводимых или невозпроизводимых обусловлено накопленными знаниями о свойствах природных ресурсов, уровне научно-технического прогресса. Этот момент еще более усиливается при рассмотрении полезных свойств природных ресурсов.

Многие виды биогеноценозов, обладающие способностью естественного восстановления и саморегулирования, нельзя воспроизвести искусственным путем при современном уровне научно-технического прогресса. Это не исключает возможности искусственного лесовыращивания, мелиорации земель и других хозяйственных мероприятий по воспроизводству тех или иных свойств природных компонентов. Однако в состав лесного биогеноценоза входят не только древостой, но и почвенный покров, совокупность атмосферных, микроклиматических, гидрологических и других факторов, которые сравнительно легко могут быть нарушены человеком, но не поддаются искусственному восстановлению в полном объеме. Взамен прекративших свое существование лесных биогеноценозов, агроценозов (сельскохозяйственных угодий) и т. д. могут быть освоены новые, иногда даже более эффективные объекты природопользования, но это будут уже другие объекты. Имея те же потребительские свойства, они отличаются от выбывших местоположением и рядом качественных и количественных характеристик, определяющих уровень затрат на их вовлечение в хозяйственный оборот. Это обуславливает другой аспект воспроизводимости природных ресурсов — воспроизводимость по качеству и количеству. Например, земельный участок при правильном севообороте в последующие годы может быть восстановлен по качеству (урожайность по определенной сельскохозяйственной культуре) при проведении конкретных агротехнических и мелиоративных работ. И если рассматривать земельные угодья страны в целом, безотносительно их качества, то вряд ли можно представить себе их воспроизводство по количеству. Понятие же воспроизводимости земельных ресурсов пред-

полагает воспроизводство ресурса определенного качества по количеству. Искусственное лесовыращивание означает воспроизводство лесных ресурсов в основном по количеству. Для того чтобы возобновить запасы леса, проводят лесонасаждения на вырубленном либо на новом участке. Последнее, однако, еще не свидетельствует о воспроизводстве лесных ресурсов по качеству.

Воспроизводимость и невозможность ресурсов сказываются на затратах по их хозяйственному использованию. Освоение невозможных ресурсов, например полезных ископаемых, требует предварительных затрат на получение информации о местоположении и величине запасов, их качестве, условиях эксплуатации и т. п., а также непосредственных расходов на подготовку ресурсов для производственного использования. Эти затраты, обеспечивающие экономическое воспроизводство полезных ископаемых (открытие новых запасов), служат основой определения их хозяйственной ценности, т. е. их экономической оценки. Более подробно вопросы учета прошлых затрат при оценке природных ресурсов будут рассмотрены ниже.

Вовлечение в хозяйственный оборот воспроизводимых ресурсов также требует затрат на получение информации об их запасах, качестве и условиях эксплуатации. Но эти затраты сравнительно меньше, чем при освоении невозможных ресурсов. Характерно также, что для воспроизводимых ресурсов затраты не только предшествуют их использованию, но и сопровождают его (затраты на содержание ресурсов, их охрану и воспроизводство). Например, для лесных ресурсов следует прежде всего учитывать необходимость издержек на охрану и содержание лесов, еще не вовлеченных в хозяйственный оборот, и в первую очередь на защиту их от пожаров и вредителей. Эти виды затрат сохраняются и в период хозяйственного использования лесов, поскольку после рубки спелых древостоев остается большое количество не достигших возраста спелости. Кроме того, значительны расходы по возобновлению лесных насаждений на площадях сплошных рубок и уходу за ними в период лесовыращивания (рубки ухода и санитарные рубки).

Важная особенность природных ресурсов — возможность многоцелевого использования одних и тех же видов как следствие многообразия их потребительских

свойств. Действительно, в настоящее время немногие виды естественных ресурсов имеют, в силу технических, а еще более — экономических причин, лишь одноцелевое применение. Большинство же ресурсов получает многоцелевое, комплексное использование. Выбор возможных направлений использования или их сочетаний определяется не природными, а социально-экономическими факторами и носит, следовательно, исторически обусловленный характер.

Природным ресурсом всеобщего многоцелевого использования является прежде всего земля. Примерами ресурсов многоцелевого, а нередко и комплексного использования могут служить водные ресурсы (в качестве источника получения гидравлической энергии, питьевой, технологической, оросительной воды, естественной среды для развития рыбного хозяйства и т. д.), а также лесные (источник промышленной древесины, пастбищных угодий, мест отдыха и т. д.).

Классификация природных ресурсов может быть осуществлена также по видам их производственного освоения. По этому признаку различают ресурсы специализированного (однозначного) и неспециализированного (многовариантного) освоения. К первой группе прежде всего относятся ископаемые ресурсы, осваиваемые лишь в форме добычи, т. е. извлекаемые из недр. Во вторую группу входят ресурсы поверхности земли, в том числе земельные, водные и растительные, осваиваемые различными способами в зависимости от целей и технико-экономических возможностей общества. Многообразие способов их освоения обусловлено многоцелевым и комплексным использованием этих ресурсов в общественном производстве.

Следует отметить, что и некоторые ресурсы специализированного освоения, например нефть, газ, уголь, также являются ресурсами многоцелевого использования (как топливо и как химическое сырье), вместе с тем с точки зрения их освоения они принадлежат к группе ресурсов специализированного освоения.

Многоцелевое применение природных ресурсов предполагает наличие объективно существующих конкурирующих и взаимоисключающих друг друга направлений (вариантов) их хозяйственного использования. Полностью исключает использование почвенных, а также лесных ресурсов промышленная или жилищная застройка террито-

рии, строительство дорог, аэропортов и других инженерных сооружений. Изменение режима речного стока в процессе освоения водных ресурсов сопровождается созданием водохранилищ, ведет к неизбежным потерям почвенных и растительных (лесных, кормовых и др.) ресурсов в результате затопления обширных территорий. Именно это определяет возможность и необходимость вариантного подхода к использованию природных ресурсов.

В связи с обострением в последнее время проблем рационального природопользования (удорожание традиционных источников сырья и энергии и рост затрат на охрану природы) получила распространение классификация природных ресурсов по признаку их исчерпаемости в процессе использования, которую можно было бы назвать эколого-экономической. В этом случае все естественные ресурсы разделяются на две большие группы — исчерпаемые и неисчерпаемые. Следует отметить известную относительность такого деления, особенно понятия исчерпаемости ресурсов. Именно с группой исчерпаемых ресурсов прежде всего связаны наиболее пессимистические выводы о будущей обеспеченности человечества необходимыми источниками энергии и материалов. При оценке этих ресурсов необходимо учитывать ускорение технического прогресса, влияющего на характер производства и потребления энергии и сырья, а также создание технологий получения заменителей. В геологической службе широко используется классификация ресурсов по степени изученности их запасов и, следовательно, по достоверности имеющихся данных (категория запасов полезных ископаемых).

Большой интерес представляет классификация ресурсов исходя из сравнительной эффективности их хозяйственного использования. В полной мере такая классификация может быть проведена лишь при осуществлении экономической оценки ресурсов.

Оценивание природных ресурсов по сравнительной эффективности их использования в общественном производстве делает особенно важным признаком классификации ресурсов их взаимозаменяемость. Ее можно проследить лишь на уровне рассмотрения потребительских свойств ресурсов. Так, нефть, газ, уголь, торф можно рассматривать как взаимозаменяемые топливные ресурсы и вполне правомерно определять сравнительную эф-



эффективность их использования при обеспечении потребности народного хозяйства в топливе. В то же время земля или вода по основным их потребительским свойствам не могут быть рассмотрены как взаимозаменяемые с другими видами ресурсов.

Несмотря на общую методологическую основу экономической оценки природных ресурсов, для каждого из видов должны разрабатываться свои методы оценки исходя из специфики освоения и рассмотренных выше особенностей ресурсов, что обуславливает также определенные различия и в свойствах оценок.

## § 2. ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ВОСПРОИЗВОДИМЫХ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Экономическая оценка любого вида природных ресурсов должна определяться в условиях его рационального использования. Такой подход может быть обеспечен широким применением в области природопользования методов оптимального планирования, использование которых открывает большие возможности для обоснованного исчисления общественно оправданного предела затрат на прирост выпуска данного вида продукции, т. е. замыкающих затрат. Показатель замыкающих затрат в задачах оптимального планирования выступает как оптимальная оценка производственного задания, величина которой обусловлена условиями рассматриваемой задачи — установленной на конкретный плановый период потребностью народного хозяйства в данном продукте (ресурсе), а также принятыми в расчет вариантами ее удовлетворения. Отсюда конкретность оптимальной оценки производственного задания и тем самым показателя замыкающих затрат, которую отмечал Л. В. Канторович<sup>4</sup>.

Другая важная особенность оптимальных оценок заключается в их устойчивости по отношению к малым изменениям условий оптимизационных задач. Эти две особенности оптимальной оценки производственного задания служат базой для установления рациональной сферы использования замыкающих затрат в плановых расчетах.

<sup>4</sup> Канторович Л. В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. — М.: Изд-во АН СССР, 1960, с. 51.

Вместе с тем они обуславливают относительность показателя замыкающих затрат.

При увеличении планового периода, а также потребности народного хозяйства в данном ресурсе, превышающем пределы устойчивости оптимальных оценок, меняется показатель замыкающих затрат и тем самым — оценки источников этого ресурса.

Примером воспроизводимого природного ресурса всеобщего многоцелевого использования является прежде всего земля. Многие виды земель потенциально пригодны для различных способов хозяйственной эксплуатации, причем определенные способы использования земли взаимноисключают друг друга. Лесопокрытая земля, например, не может одновременно служить как пашня, земельная площадь под горным отводом недоступна для сельскохозяйственного освоения и т. д. Принятие одного из альтернативных способов предполагает, что он является наиболее эффективным с народнохозяйственных позиций по сравнению со всеми остальными.

Отсюда следует, что если данный участок земли отводится для организации на нем добычи полезных ископаемых, то его горнопромышленная ценность должна быть не меньше сельскохозяйственной, лесоэксплуатационной и другой ценности этого участка (если только на нем возможно ведение сельского хозяйства, выращивание леса и т. д.).

Иными словами, сложившаяся (или планируемая) структура землепользования должна при прочих равных условиях удовлетворять принципу максимизации экономической оценки земель. Возможность повышения оценки земельного участка в случае изменения способа его использования является признаком трансформации земельного угодья. И наоборот, повышение ценности земли при данном способе использования над ее потенциальной ценностью при альтернативных способах эксплуатации свидетельствует о близости данной структуры землепользования к оптимальной. При выявлении оптимальной структуры землепользования необходимо также учитывать социальные последствия трансформации земель (возможность использования трудовых ресурсов в новых условиях землепользования), лимиты на капиталовложения, спрос на конкретные виды продукции природопользующих отраслей и т. д.

Следует отметить еще одно свойство земельных ресурсов — возможность перехода из одного качества в другое в результате или целенаправленной деятельности человека (орошение, известкование почвы), или как побочное явление от других видов деятельности, которые приводят к воспроизводству по количеству земельного фонда данного качества.

Отмеченные особенности рассматриваемого ресурса определяют выбор варианта его использования. Повышенную обоснованности принимаемого решения способствуют оптимизационные расчеты на модели. Воспроизводимость предполагает возможность увеличения запасов данного ресурса в его определенном количестве за счет затрат живого и овеществленного труда.

Пусть имеется множество  $I = \{1, \dots, i, \dots, m\}$  первоначальных вариантов использования многоцелевого воспроизводимого ресурса. После некоторых хозяйственных преобразований последний может быть использован другими способами (в ином качестве), которые обозначим  $J = \{1, \dots, j, \dots, m\}$ . Далее будем отождествлять разновидность ресурса с вариантом его использования, а также считать заданными:

$R = \{1, \dots, r, \dots, n\}$  — множество продуктов, получаемых в результате освоения рассматриваемого ресурса;

$S_i^0$  — первоначальный запас ресурса  $i$ -го качества;

$\Pi_r^t$  — потребность в  $r$ -м продукте в году  $t$ ;

$a_{ir}$  — продуктивность единицы ресурса  $i$ -го качества по производству  $r$ -го продукта;

$c_{ir}$  — текущие затраты на освоение единицы ресурса  $i$ -го качества под производство  $r$ -го продукта;

$c'_{ij}$  — текущие затраты на перевод единицы ресурса из  $i$ -й категории в  $j$ -ю;

$k_{ir}$  — затраты капиталовложений на освоение единицы ресурса  $i$ -го качества под производство  $r$ -го продукта;

$k'_{ij}$  — удельную капиталоемкость перевода единицы ресурса  $i$ -го качества в  $j$ -е.

Искомыми величинами выступают:

$x_{ir}^t$  — объем использования ресурса  $i$ -го качества на производство  $r$ -й продукции в году  $t$ ;

$x_{ij}^t$  — объем перевода ресурса из  $i$ -го качества в  $j$ -е в году  $t$ ;

$y_i^t$  — требуемый объем капиталовложений на освоение и трансформацию ресурса в году  $t$ .

Лаг капитальных вложений принимается равным одному году.

При принятых предположениях и обозначениях задача рационального использования рассматриваемого ресурса заключается в минимизации строительно-эксплуатационных затрат на освоение и трансформацию ресурса

$$\sum_{t=1}^T q^{t-1} \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^n \left( c_{ir} x_{ir}^t + \sum_{j=1}^m c'_{ji} x_{ji}^t + y_i^t \right) \rightarrow \min \quad (3.1)$$

при следующих условиях:

$$\sum_{i=1}^m a_{ir} x_{ir}^t \geq \Pi_r^t, \quad t = \overline{1, T}; \quad r = \overline{1, n}, \quad (3.2)$$

— условие обеспечения планового задания  $\Pi_r^t$  по потребности в продукции  $r$ -го вида в году  $t$ ;

$$\sum_{r=1}^n x_{ir}^t \leq S_i^0 + \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^m \sum_{\tau=1}^{t-1} x_{ji}^{\tau} - \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^m \sum_{\tau=1}^t x_{ij}^{\tau}, \quad i = \overline{1, m}; \quad t = \overline{1, T}, \quad (3.3)$$

— использование ресурса  $i$ -го качества на производство всех видов продукции  $r = \overline{1, n}$  не должно превышать первоначальных его запасов с учетом перевода в другие категории и пополнения за счет прочих видов;

$$\sum_{\tau=1}^t y_i^{\tau} - \sum_{i=1}^n k_{ir} x_{ir}^t - \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^m k'_{ji} x_{ji}^t \geq 0, \quad i = \overline{1, m}; \quad t = \overline{1, T}, \quad (3.4)$$

— накопленные к  $t$ -му году капиталовложения на освоение ресурса  $i$ -го качества должны обеспечить необходимые объемы производства продукции на основе использования этого ресурса и его пополнения за счет других видов;

$$x_{ir}^t \geq 0, \quad x_{ji}^t \geq 0, \quad y_i^t \geq 0 \quad (3.5)$$

— условия неотрицательности переменных.

Рассмотрим двойственную к (3.1)–(3.5) задачу с целью анализа и интерпретации оценок оптимального плана. Она заключается в максимизации функционала

$$\sum_{r=1}^n \sum_{t=1}^T \Pi_r^t \omega_r^t - \sum_{i=1}^m S_i^0 \sum_{t=1}^T v_i^t \rightarrow \max \quad (3.6)$$

при следующих условиях:

$$a_{ir}\omega_r^t - v_i^t - k_{ir}u_i^t \leq q^{t-1}c_{ir}; \quad (3.7)$$

$$\sum_{\tau=t+1}^T v_i^\tau - \sum_{\tau=t}^T v_j^\tau - k'_{ji}u_i^t \leq q^{t-1}c'_{ji}; \quad (3.8)$$

$$\sum_{\tau=t}^T u_i^\tau \leq q^{t-1}; \quad (3.9)$$

$$\omega_r^t \geq 0, \quad v_i^t \geq 0, \quad u_i^t \geq 0. \quad (3.10)$$

Просуммировав ограничения (3.7) для ряда лет, предшествующих дате конца планового периода  $T$ , получим

$$a_{ir} \sum_{\tau=t+1}^T \omega_r^\tau - \sum_{\tau=t+1}^T v_i^\tau - k_{ir} \sum_{\tau=t+1}^T u_i^\tau \leq c_{ir} \sum_{\tau=t+1}^T q^{\tau-1}.$$

С учетом неравенства (3.9) имеем

$$\sum_{\tau=t+1}^T v_i^\tau \geq a_{ir} \sum_{\tau=t+1}^T \omega_r^\tau - k_{ir}q^t - c_{ir} \sum_{\tau=t+1}^T q^{\tau-1}. \quad (3.11)$$

Аналогично можно записать

$$\sum_{\tau=t}^T v_j^\tau \geq a_{jr} \sum_{\tau=t}^T \omega_r^\tau - k_{jr}q^{t-1} - c_{jr} \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1}. \quad (3.12)$$

На основе ограничения (3.8) и выражений (3.11) и (3.12) получим

$$a_{ir} \sum_{\tau=t+1}^T \omega_r^\tau - k_{ir}q^t - c_{ir} \sum_{\tau=t+1}^T q^{\tau-1} - \left[ a_{jr} \sum_{\tau=t}^T \omega_r^\tau - k_{jr}q^{t-1} - c_{jr} \sum_{\tau=t+1}^T q^{\tau-1} \right] \leq k'_{ji}u_i^t + q^{t-1}c'_{ji}.$$

Последнее выражение означает, что целесообразность перевода ресурса из  $j$ -й категории в  $i$ -ю в  $t$ -м году обусловлена соотношением разницы суммарных эффектов от использования единицы ресурса  $i$ -й категории за период  $[t+1, T]$  и  $j$ -й категории за период  $[t, T]$  и строительно-эксплуатационных затрат на перевод единицы ресурса из  $j$ -й категории в  $i$ -ю в году  $t$ . При этом имеется в виду перевод ресурса из  $j$ -й категории в  $i$ -ю именно для использования его на производство продукции вида  $r$ .

Закрывающие затраты (двойственная оценка единицы продукции) на производство  $r$ -й продукции по условиям

$t$ -го года определяются исходя из ограничений типа (3.7). Формула замыкающих затрат имеет вид

$$\bar{\omega}_r^t = \max_i \frac{v_i^t + k_{ir}u_i^t + q^{t-1}c_{ir}}{a_{ir}}. \quad (3.13)$$

И если через  $i_0$  обозначить категорию ресурса, для которой достигает своего максимума выражение (3.13), то получим, что

$$\bar{\omega}_r^t = \frac{\bar{v}_{i_0}^t + k_{i_0r}\bar{u}_{i_0}^t + q^{t-1}c_{i_0r}}{a_{i_0r}}. \quad (3.14)$$

Здесь замыкающие затраты по условиям года  $t$  состоят из дисконтированных затрат на освоение ресурса категории  $i_0$  под производство  $r$ -го продукта плюс норматив эффективности использования  $i_0$ -го ресурса (двойственная оценка  $i_0$ -го ресурса) с учетом возможных переводов его из одной категории в другую.

Оценка же ресурса  $i$ -й категории по условиям года  $t$  определяется с учетом будущих эффектов от перевода единицы ресурса из  $j$ -го качества в  $i$ -е, дисконтированных затрат на осуществление этого перевода, а также эффекта от использования переводимой единицы в  $j$ -м качестве до конца планового периода, т. е.

$$v_i^t \leq \sum_{\tau=t+1}^T v_j^\tau + k'_{ji}u_i^t + q^{t-1}c'_{ji} - \sum_{\tau=t+1}^T v_i^\tau, \quad j = \overline{1, m}.$$

Эффект от использования единицы ресурса  $i$ -го качества в производстве также обусловлен как затратами на освоение данной единицы под производство  $r$ -й продукции ( $r = \overline{1, n}$ ), так и продуктивностью ресурса по отдельным продуктам. Это следует из ограничения типа (3.7), на основе которого имеем

$$v_i^t \geq a_{ir}\omega_r^t + k_{ir}u_i^t - c_{ir}q^{t-1}, \quad r = \overline{1, n}.$$

Данное выражение и соотношение (3.14) уже позволяют судить о рентном характере оценок  $v_i^t$ .

Таким образом, особенность проведения экономической оценки воспроизводимых ресурсов состоит в необходимости ее исчисления в условиях каждого отдельного года, что помимо бессрочности использования запасов обуславливается также их воспроизводством по количеству. В то же время оценки невоспроизводимых ресур-



сов, как будет показано ниже, в условиях рассматриваемого планового периода и траектории их потребления обладают оценкой не в годовом разрезе, а в целом за период.

Определенный интерес представляет проведение экономической оценки другого воспроизводимого ресурса — леса, имеющего свои особенности. Если земля в любом ее качестве в пределах одного года может быть использована при производстве того или иного продукта, то лесные ресурсы в силу своей специфики (спелые, неспелые) должны оцениваться в условиях данного года с точки зрения как непосредственного их потребления в производственном процессе, так и последующего вовлечения в хозяйственный оборот.

Ввиду большой протяженности периода воспроизводства лесных ресурсов определение параметров модели связано с большой степенью неопределенности. Поэтому ограничимся рассмотрением лишь небольшого отрезка времени, для которого эти параметры в известной мере определены, т. е. обеспечивается известная адекватность отображения реальной действительности в экономико-математической модели.

Предположим заданными:  $I = \{1, \dots, m\}$  — множество участков леса;  $Q_i^0$  — первоначальные запасы спелого леса на  $i$ -м участке;  $Q_i^t$  — запасы лесных ресурсов на  $i$ -м участке, достигающих спелости в году  $t$ ;  $T$  — продолжительность планового периода;  $\Pi_t$  — плановое задание на заготовку леса в году  $t$ ;  $k_i$  — капиталоемкость заготовки единицы ресурса на  $i$ -м участке;  $k'_i$  — капиталоемкость содержания единицы ресурса, не достигшего уровня спелости для производственного освоения;  $c_i$  — эксплуатационные затраты на заготовку единицы леса на  $i$ -м участке;  $c'_i$  — эксплуатационные затраты на содержание единицы лесного ресурса, не достигшего уровня спелости для производственного освоения.

Необходимо найти:  $X_i^t$  — объем заготовки древесины в году  $t$  на  $i$ -м участке;  $x_i^t$  — объем воспроизводства лесных ресурсов в году  $t$  на  $i$ -м участке;  $y_i^t$  — объем капиталовложений на заготовку древесины и воспроизводство лесных ресурсов в году  $t$  на  $i$ -м участке, при котором обеспечивались бы плановые задания на заготовку древесины по годам планового периода при минимальных суммарных дисконтированных затратах на заготовку дре-

весины и воспроизводство лесных ресурсов, т. е.

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \left[ q^{t-1} c_i x_i^t + \left( \sum_{\tau=1}^t q^{\tau-1} c_i \right) X_i^t + q^{t-1} y_i^t \right] \rightarrow \min \quad (3.15)$$

при условиях:

$$\sum_{i=1}^m X_i^t \geq \Pi_t, \quad t = \overline{1, T}; \quad (3.16)$$

$$\sum_{\tau=1}^t x_i^\tau - \sum_{r=1}^t X_i^r \leq Q_i^0, \quad i = \overline{1, m}; \quad t = \overline{1, T}; \quad (3.17)$$

$$\sum_{\tau=1}^t y_i^\tau - k_i x_i^t - k'_i X_i^t \geq 0, \quad i = \overline{1, m}; \quad t = \overline{1, T}; \quad (3.18)$$

$$x_i^t \leq Q_i^t, \quad i = \overline{1, m}; \quad t = \overline{1, T}, \quad (3.19)$$

Условие (3.16) означает требование выполнения планового задания в каждый год планового периода; (3.17) — ограничение на объем заготовки древесины на  $i$ -м участке в году  $t$  с учетом первоначального запаса объемов рубки и восстановления за предыдущие годы; (3.18) — ограничение на объем капиталовложений на заготовку и восстановление леса; (3.19) — ограничение на объем воспроизводства леса на  $i$ -м участке в году  $t$ .

В данной модели не рассматриваются условия проведения лесонасаждений, так как из-за длительности процесса воспроизводства, превышающей плановый период, они практически не окажут никакого влияния на оценки наличных запасов.

Сформулируем задачу, двойственную к (3.15)–(3.19), обозначая оценки ограничений (3.16)–(3.19) соответственно через  $\omega_t$ ,  $v_i^t$ ,  $u_i^t$  и  $w_i^t$ :

$$\sum_{t=1}^T \omega_t \Pi_t - \sum_{i=1}^m \left( \sum_{r=1}^T v_i^r \right) Q_i^0 - \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^m w_i^t Q_i^t \rightarrow \max; \quad (3.20)$$

$$\omega_t - \sum_{\tau=t}^T v_i^\tau - u_i^t k_i \leq q^{t-1} c_i; \quad (3.21)$$

$$\sum_{\tau=t}^T v_i^\tau - k'_i u_i^t - w_i^t \leq \sum_{\tau=1}^t q^{\tau-1} c'_i; \quad (3.22)$$

$$\sum_{\tau=t}^T u_i^\tau \leq q^{t-1}; \quad (3.23)$$

$$\omega_t \geq 0, \quad v_i^t \geq 0, \quad u_i^t \geq 0, \quad w_i^t \geq 0. \quad (3.24)$$

Согласно условиям, дополняющим нежесткость, если в оптимальном плане  $X_i^t > 0$ , то

$$\omega_t - \sum_{\tau=t}^T v_i^\tau - u_i^t k_i = q^{t-1} c_i, \quad (3.25)$$

если же  $X_i^t > 0$ , то

$$\sum_{\tau=t}^T v_i^\tau - k_i' u_i^t - w_i^t = \sum_{\tau=1}^t q^{\tau-1} c_i'. \quad (3.26)$$

Выражение (3.25) показывает, что замыкающие затраты по условиям года  $t$  (оптимальная оценка единицы продукции) включают в себя капитальные и текущие затраты на освоение единицы ресурса, приведенные к началу периода, и суммарный эффект от освоения единицы ресурса  $i$ -го участка за последующие годы планового периода, т. е.

$$\omega_t = k_i u_i^t + q^{t-1} c_i + \sum_{\tau=t}^T v_i^\tau.$$

Последнее выражение с учетом (3.22) можно представить в виде

$$\omega_t = k_i u_i^t + q^{t-1} c_i + k_i' u_i^t + w_i^t + \sum_{\tau=1}^t q^{\tau-1} c_i',$$

т. е. замыкающие затраты по условиям года  $t$  помимо затрат на освоение содержат также затраты на содержание с начала планового периода единицы той части ресурса, которая в  $t$ -м году достигла состояния, годного для освоения (затрат на производство), и эффект от освоения единицы этой части ресурса в году  $t$ . Последнее есть не что иное, как оценка запасов неспелого леса, и она не может быть положительной, если даже за рассматриваемый плановый период участок неспелого леса практически достигает возраста спелости для освоения. Это еще раз подтверждает положение об относительности оценок ресурсов, получаемых в моделях природопользования, и ограниченности сферы их применения.

Из выражения (3.26) видно, что оценка леса, который достигает возраста спелости в году  $t$ , равняется суммарному эффекту от освоения единицы ресурса за период  $[t, T]$  за вычетом затрат на ее содержание с начала пе-

риода до достижения лесом возраста спелости, т. е.

$$w_i^t = \sum_{\tau=t}^T v_i^\tau - k_i' u_i^t - \sum_{\tau=1}^t q^{\tau-1} c_i'. \quad (3.27)$$

Сходный результат мы получили при рассмотрении оценки ресурса многоцелевого использования

$$\sum_{\tau=1}^T v_j^\tau = \sum_{\tau=t+1}^T v_i^\tau - k_{jj}' u_i^t - q^{t-1} c_{ji}', \quad (3.28)$$

с той лишь разницей, что оценка неспелого леса исчисляется за год, в котором он может быть освоен, причем в прежнем качестве ресурс никакого эффекта не дает (не может быть освоен). Согласно же выражению (3.28), ресурс может быть освоен в любом качестве, и переход из одного качества в другое означает уменьшение или увеличение эффекта за период с рассматриваемого года до конца планового периода. В этом отражается характер использования различных (многоцелевого, многовариантного и одноцелевого использования) ресурсов, несмотря на их общность по свойству воспроизводимости. Так, например, в процессе производства один и тот же участок земли может быть через год использован в том же качестве, чего нельзя сказать об участке леса.

Таким образом, несмотря на общую теоретико-методологическую основу, экономическая оценка различных видов природных ресурсов должна проводиться с учетом их специфики. В моделях оптимизации природопользования ограничения по запасам ресурса, отражая его дефицитность, имеют рентную природу и формируются с учетом затрат как на освоение, так и на воспроизводство единицы данного ресурса.

### § 3. ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ МНОГОЦЕЛЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Под ресурсами многоцелевого использования следует понимать природные ресурсы, которые в их естественном виде используются во многих отраслях народного хозяйства, выступая как дополнительная компонента (вспомогательная) для производства продукции этих отраслей. Примером такого ресурса является вода. В настоящее время вопросам охраны и рационального использования

водных ресурсов отдельных водных бассейнов уделяется большое внимание, опубликован ряд работ по результатам их исследования. Однако, на наш взгляд, в них недостаточно освещаются экономические аспекты охраны водных ресурсов. В этом отношении наиболее удачным представляется исследование Е. П. Ушакова<sup>5</sup>, в котором рассматривается развитие региональной экономики с учетом рационального использования и охраны водных ресурсов и решается задача максимизации чистой продукции при условии перераспределения трудовых ресурсов между отраслями и соответственно изменения их производственных мощностей в планируемом периоде.

По результатам решения задачи трудовые ресурсы перераспределяются в отрасли с высокой эффективностью производства, измеряемой приростом чистой продукции. Уровень этой эффективности обусловлен как величиной затрат на очистку сточных вод, так и экономическими показателями производственной деятельности отраслей.

В исследованиях подобного рода особое значение имеет определение размера платы за сброс загрязнений в водный бассейн. В общем случае плата за загрязнение должна определяться исходя из величины экономического ущерба. В рассматриваемой же работе плата за сброс загрязнителей в водный бассейн предполагает выравнивание условий хозяйствования в разных природных условиях, т. е. учитываются различия в качестве воды и неодинаковые свойства ее самоочищения на разных участках водного объекта.

При рассмотрении водных ресурсов особую важность приобретает эффективность их использования в различных сферах народного хозяйства. В этой связи встает задача изучения свойств экономической оценки водных ресурсов как основы установления платы за водопользование. Сложность указанной проблемы очевидна и обусловлена особенностями данного вида ресурса. Во-первых, он используется как вспомогательное сырье, что вызывает трудности расчленения суммарного эффекта на составляющие, обеспечиваемые за счет основных и вспомогательных видов сырья. Во-вторых, потребление воды в процессе производства в основном не является ее затратой по количеству, ресурс изменяется прежде всего

в качественном отношении. Восстановление качества ресурса, а также объема его запасов требует дополнительных затрат. Таким образом, задавая определенное ограничение по качеству водных ресурсов, всегда можно считать их запасы ограниченными.

Абстрагируемся от конкретных свойств ресурсов и рассмотрим наиболее общий случай потребления ресурса многоцелевого использования.

Рассмотрим задачу оптимального распределения запасов одного источника ресурса многоцелевого использования между различными потребителями. Ее можно сформулировать следующим образом:

$$\sum_i a_j x_j \rightarrow \max; \quad (3.29)$$

$$\sum_j a_j x_j \leq V; \quad (3.30)$$

$$x_j \geq N_j, \quad (3.31)$$

где  $x_j$  — объем выпуска продукции в  $j$ -й сфере потребления ресурса;

$a_j$  — норма расхода ресурса на выпуск единицы продукции в  $j$ -й сфере;

$\varepsilon_j$  — эффективность использования ресурса в  $j$ -й сфере;

$V$  — объем запасов ресурса;

$N_j$  — плановое задание выпуска продукции в  $j$ -й сфере.

Такая упрощенная постановка может вызвать некоторое возражение как в целом, так и с точки зрения принятого в ней предположения о наличии оптимальных цен на продукцию рассматриваемых сфер производства. Вместе с тем эта постановка в общем случае соответствует определенному процессу использования ресурса многоцелевого назначения и позволяет анализировать особенности его экономической оценки.

Предположим существование некоторого плана распределения ресурса между потребителями  $\{X_j\}$ , удовлетворяющего условиям (3.29) — (3.31). Тогда, если  $j_0$  — индекс отрасли с максимальной эффективностью выпуска продукции  $\varepsilon_{j_0}/a_{j_0} = \max_j \varepsilon_j/a_j$ , то потеря эффективности

при отвлечении этого ресурса в  $j$ -ю отрасль в расчете на производство единицы ее продукции определяется

<sup>5</sup> Охрана окружающей среды (модели управления чистой природной среды). — М.: Экономика, 1977, с. 140—182.



следующим образом:

$$r_j = \left( \frac{\partial j_0}{\partial a_j} - \frac{\partial j}{\partial a_j} \right) a_j. \quad (3.32)$$

Предельная эффективность  $w$  использования единицы ресурса в общественном производстве в рассматриваемом случае равна  $\partial j_0 / \partial a_j$  и для определенной  $j$ -й отрасли складывается из эффективности использования ресурса в данной отрасли за вычетом потерь, вызванных отвлечением ресурса в эту отрасль:

$$a_j w = \partial_j + r_j. \quad (3.33)$$

При предположении оптимальности исходного плана  $\{\bar{X}_j\}$  можно рассматривать оптимальные оценки  $\bar{\omega}$  — ограничения на запасы ресурса и  $\bar{u}_j$  — ограничений на удовлетворение потребности народного хозяйства в продукции отраслей, потребляющих рассматриваемый ресурс. Оптимальный план формируется исходя из логики постановки задачи. Ранжируем отрасли по мере уменьшения эффективности выпуска продукции, приходящейся на единицу используемого ресурса. Это позволит определить очередность обеспечения отраслей сырьем: сначала обеспечивается отрасль с наиболее высокой эффективностью выпуска единицы продукции с учетом нормы расхода ресурса на выпуск этой продукции и т. д. При этом все отрасли обеспечиваются необходимым объемом ресурса, а «излишки» передаются в наиболее эффективную отрасль. В этих условиях оптимальные двойственные оценки можно определить по формулам

$$\begin{aligned} \bar{\omega} a_j &= \bar{u}_j + \partial_j, \\ \bar{u}_j &= \left( \frac{\partial j_0}{\partial a_j} - \frac{\partial j}{\partial a_j} \right) a_j, \\ \bar{\omega} &= \frac{\partial j_0}{\partial a_j}. \end{aligned} \quad (3.34)$$

Из приведенных выражений видно, что оценка ресурса  $\bar{\omega}$  определяется его удельной эффективностью у наиболее эффективного пользователя. Оптимальные оценки продуктов отраслей  $\bar{u}_j$  исчисляются как разности удельных эффективностей использования ресурса на единицу

выпуска продукции в наиболее эффективной и оцениваемой отраслях.

По существу, этот анализ приводит к утверждению, которое противоречит положению К. Г. Гофмана о распространении ценности порции ресурса, расходуемой в замыкающей сфере его потребления, на величину всего оцениваемого запаса<sup>6</sup>. Видимо, это вызвано самой постановкой задачи, тем более что последняя порция запаса ресурса используется в наиболее эффективной отрасли, т. е. не рассматривается случай абсолютной ограниченности запасов ресурса. При абсолютной ограниченности запасов последняя их порция по логике задачи используется в замыкающей сфере, т. е. в сфере с наименьшей эффективностью, и при «исчезновении» единицы запаса потери исчисляются на уровне эффективности замыкающего потребителя. Вместе с тем если «выпуклом» «исчезновения» единицы запаса выступает потребитель с наибольшей эффективностью, то при абсолютной ограниченности запасов и назначении штрафа на уровне эффективности замыкающего потребителя первый остается в выигрыше. Поэтому для стимулирования рационального использования ресурса потери должны быть исчислены на уровне максимальной эффективности использования ресурса. Расхождение полученного вывода с утверждением К. Г. Гофмана обусловлено также отсутствием в нашей постановке дифференциации затрат на освоение различных порций ресурса, тогда как у К. Г. Гофмана ценность ресурса определяется на уровне затрат освоения последней порции (замыкающей с точки зрения затрат) ресурса.

При критерии минимума затрат на выпуск продукции во всех отраслях, использующих рассматриваемый ресурс, последняя порция приходится на отрасль с наиболее низкой эффективностью (с наибольшими затратами), что, казалось бы, обуславливает оценку всего запаса на уровне эффективности использования данного ресурса в замыкающей отрасли. В обоих случаях имеем непротиворечивые результаты в отношении определения экономической оценки ресурсов в реальной ситуации: «выбытие» единицы ресурса приводит к потерям, равным в первом случае эффекту наилучшего пользователя, а во втором — замыкающего.

<sup>6</sup> Гофман К. Г. Экономическая оценка природных ресурсов в условиях социалистической экономики. — М.: Наука, 1977, с. 45.

Рассмотрим задачу, предполагающую использование запасов нескольких источников ресурса многоцелевого применения для обеспечения потребности в данном ресурсе нескольких потребителей. Будем формулировать ее на минимум затрат:

Задача оптимального использования запасов источников многоцелевого использования для обеспечения потребностей различных сфер при минимальных затратах заключается в следующем:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m a_j x_{ij} &\leq S_i, \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} &\geq N_j, \\ \sum_i \sum_j c_{ij} &\rightarrow \min, \end{aligned} \quad (3.35)$$

где  $a_j$  — норма расхода ресурса на выпуск продукции в  $j$ -й сфере;  $c_{ij}$  — затраты на выпуск единицы продукции в  $j$ -й сфере с использованием ресурсов  $i$ -го источника;  $S_i$  — запасы ресурса в  $i$ -м источнике;  $N_j$  — потребный объем выпуска продукции в  $j$ -й сфере;  $x_{ij}$  — выпуск продукции в  $j$ -й сфере с использованием ресурсов  $i$ -го источника.

При допустимом плане  $\{X_{ij}\}$  для продукции  $j$ -й сферы ценообразующими выступают затраты, соответствующие выпуску продукции на основе использования ресурсов «наихудшего» из источников, обеспечивающих ресурсами  $j$ -ю сферу (их совокупность обозначим через  $I(j)$ ), и

$$p_j = c_{i(j)j} = \max_{i \in I(j)} c_{ij}.$$

Тогда дифференциальный эффект от использования единицы ресурса  $i$ -го источника из совокупности  $I(j)$  при организации производства в  $j$ -й сфере определится на основе выражения

$$r_i = \frac{c_{i(j)j} - c_{ij}}{a_j}, \quad i \in I(j),$$

но так как цена единицы  $j$ -го продукта должна обеспечить покрытие затрат и получение дифференциального эффекта при эксплуатации запасов  $i$ -го источника с учетом нормы расходов, то  $p_j = c_{ij} + a_j r_j$ . Если обозначить оптимальные оценки задачи (3.35) через  $\bar{u}_i$  и  $\bar{\omega}_j$  и пред-

положить оптимальность рассмотренного допустимого плана  $\{X_{ij}\}$ , тогда окажутся справедливыми соотношения

$$\bar{\omega}_j = c_{ij} + a_j \bar{u}_i, \quad i \in I(j); \quad (3.36)$$

$$\bar{u}_i = \bar{u}_{i(j)} = \frac{c_{i(j)j} - c_{ij}}{a_j}, \quad (3.37)$$

При нулевом значении оптимальной оценки источника, замыкающего по условиям обеспечения потребностей  $j$ -й сферы, т. е.  $\bar{u}_{i(j)} = 0$ , получим

$$a_j \bar{u}_i = c_{i(j)j} - c_{ij}.$$

Это означает, что оценка  $\bar{\omega}_j$  равняется затратам наихудшего источника, а  $\bar{u}_i$  — разница в затратах на выпуск продукции в  $j$ -й сфере с использованием ресурсов соответственно наихудшего и оцениваемого источников с учетом нормы расхода.

Из соотношений двойственной задачи вытекает, что

$$\bar{u}_i = \max_j \frac{\bar{\omega}_j - c_{ij}}{a_j}. \quad (3.38)$$

Интерпретируя  $\frac{\bar{\omega}_j - c_{ij}}{a_j}$  как эффективность использования единицы ресурса  $i$ -го источника в  $j$ -й сфере, мы еще раз убеждаемся в том, что на самом деле весь запас источника многоцелевого назначения оценивается по эффективности не замыкающей, а «наилучшей» сферы использования ресурса. Для сфер, использующих ресурсы замыкающего источника, оценки продукции определяются на уровне затрат производства единицы продукции, т. е.

$$\bar{\omega}_j = c_{i_0 j}, \quad j \in J(i_0), \quad (3.39)$$

где  $i_0$  — индекс замыкающего источника;  $J(i_0)$  — множество сфер, потребляющих ресурсы наихудшего источника. Это следует из условия определения замыкающего источника, т. е.  $\bar{u}_{i_0} = \min_i \bar{u}_i$  или

$$\bar{u}_{i_0} = \min_i \max_j \frac{\bar{\omega}_j - c_{ij}}{a_j},$$

а так как из теории двойственности  $\bar{u}_{i_0} = 0$ , то это и приводит к равенству (3.39).

Проведенный анализ нельзя считать исчерпывающим материалом. К тому же не рассматривались конкретные виды ресурсов многоцелевого назначения. Так, например, ресурсом многоцелевого назначения можно рассматривать отдельный земельный участок — как ресурс для использования не только в сельском хозяйстве, но под строительство или лесопосадки, а в сельском хозяйстве — под отдельные культуры. В последнем случае большую роль играет структура потребных объемов сельскохозяйственных культур.

Специфика подобных ресурсов требует серьезных работ по определению адекватных показателей оценки их народнохозяйственной значимости и использования таких оценок в практике планирования и управления природопользованием.

## Глава 4

### ОЦЕНКА РЕСУРСОВ В МОДЕЛЯХ РАЗВИТИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ДОБЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

#### § 1. ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНА РАЗРАБОТКИ СОВОКУПНОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОДНОРОДНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Накоплен значительный опыт построения и анализа отраслевых оптимизационных моделей, достаточно детально отражающих специфику моделируемых систем, в том числе добывающих отраслей промышленности. Вместе с тем приходится констатировать, что анализ оптимальных оценок источников природных ресурсов в таких моделях нельзя считать исчерпывающим. В одних работах такой анализ не является целью исследования, в других он основывается на традиционном понимании оценок как предельных приращений критерия по соответствующему ограничению. Далее, определенные трудности в изучении оценок природных ресурсов вызваны как слабо представленным «ресурсным блоком», так и самой постановкой задач. Например, в вариантных постановках задач территориального и отраслевого планирования качественный анализ таких оценок принципиально отличен от общей методологии исследования оценок в линейно-программных задачах. В то же время тщательное исследование оценок природных ресурсов является, несомненно, полезным при решении вопросов информационного обмена и согласования моделей разного уровня, построения локальных показателей народнохозяйственной значимости источников минерального сырья.

Ниже рассматривается модель оптимизации режима разработки совокупности месторождений однородного минерального сырья, в которой отражены лишь наиболее существенные условия для понимания структуры таких оценок: ограниченность запасов сырья на каждом месторождении; условие выполнения задания по добыче ресурса в целом на программу; затратные показатели представлены двумя обобщенными компонентами — затрата-



ми эксплуатации и капитальным расходом на обустройство источника.

Пусть  $n$  — количество источников;  $T$  — длительность планового периода;  $Q_i$  — объем запаса ресурса на  $i$ -м источнике;  $\Pi$  — плановое задание по добыче сырья на весь период  $[0, T]$ ;  $c_i$  — себестоимость добычи единицы (например, 1 т) ресурса на  $i$ -м месторождении.

Относительно показателя  $c_i$  следует отметить, что подавляющую часть текущих расходов составляют затраты живого труда, а вещественные элементы текущих затрат в добывающих отраслях имеют меньшую долю в их общей сумме. Это объясняется не только тем, что в добывающих отраслях предметом труда является «сама природа», но и тем, что мы пренебрегаем многими мероприятиями технологического характера. Кроме того, так как одной из наших задач является оптимизация сроков разработки месторождений, то показатели себестоимости продукции не должны включать в себя компоненту амортизации.

Кроме перечисленных показателей считаются заданными:  $k_i$  — удельная капиталоемкость добычи единицы ресурса на  $i$ -м месторождении;  $x_i^t$  — объем добычи ресурса на  $i$ -м месторождении в году  $t$ ;  $y_i^t$  — объем капиталовложений на  $i$ -м месторождении в году  $t$ .

Для корректной постановки задачи предполагается, что плановое задание  $\Pi$  полностью обеспечено запасами ресурса рассматриваемой группы месторождений, т. е.  $\sum_{i=1}^n Q_i \geq \Pi$ . В силу долговременности процесса их освоения необходим учет одновременности осуществляемых затрат. Такой учет производится приведением разновременных затрат к одному моменту времени посредством дисконтирующего множителя  $q^t = \frac{1}{(1+E)^t}$ , где  $E$  — норматив дисконтирования.

Таким образом, задача заключается в нахождении такого плана разработки месторождений и, следовательно, такой политики освоения капиталовложений, при которых ограничивающие условия по запасам и добыче ресурса выполнялись бы при минимальных строительно-эксплуатационных затратах.

Первое ограничивающее условие состоит в том, что объемы добычи ресурса по каждому источнику не могут

превышать запасов последнего, т. е.

$$\sum_{i=1}^T x_i^t \leq Q_i. \quad (4.1)$$

Второе условие заключается в том, что уровень годовой добычи ресурса на каждом  $i$ -м месторождении должен быть обеспечен соответствующими капиталовложениями, освоенными к любому году  $t$  на данном месторождении. Величина освоенных капиталовложений определяется как сумма их прироста за весь период, предшествующий любому году  $t$ , т. е. как  $\sum_{\tau=1}^t y_i^\tau$ . Потребность в капиталовложениях для добычи  $x_i^t$  единиц сырья при коэффициенте капиталоемкости  $k_i$  равна  $k_i x_i^t$ . Отсюда второе условие запишется так:

$$\sum_{\tau=1}^t y_i^\tau - k_i x_i^t \geq 0. \quad (4.2)$$

И наконец, при любом плане разработки задание по добыче должно быть выполнено в течение планового периода, т. е.

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n x_i^t \geq \Pi. \quad (4.3)$$

Общая сумма приведенных затрат на эксплуатацию и обустройство всей группы месторождений определяется выражением

$$\mu(x, y) = \sum_{t=1}^T q^{t-1} \sum_{i=1}^n (c_i x_i^t + y_i^t). \quad (4.4)$$

Окончательно задача состоит в нахождении неотрицательных величин  $x_i^t$  и  $y_i^t$  ( $i = \overline{1, n}$ ;  $t = \overline{1, T}$ ), минимизирующих  $\mu(x, y)$  при ограничениях (4.1) — (4.3).

Легко видеть, что сформулированная задача укладывается в схему модели, рассмотренной в работе С. А. Суспицына<sup>1</sup>. Из полученных в ней результатов следует, в частности, что мерой целесообразности включения в

<sup>1</sup> Суспицын С. А. Одно обобщение модели оптимизации инвестиционных программ. — В кн.: Оптимизация сроков осуществления инвестиционных программ. — Новосибирск, 1975.

разработку любого  $i$ -го месторождения является величина  $\bar{\lambda}_i$ , исчисляемая как

$$\bar{\lambda}_i = \lambda_i(\bar{t}_i) = \frac{c_i \sum_{\tau=\bar{t}_i}^T q^{\tau-1} + k_i q^{\bar{t}_i-1}}{T - \bar{t}_i + 1} =$$

$$= \min_{1 \leq t \leq T} \frac{c_i \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1} + k_i q^{t-1}}{T - t + 1}.$$

Суть этой «меры» состоит в том, что если все  $n$  месторождений ранжировать в порядке возрастания  $\bar{\lambda}_i$ , скажем, так, что

$$\bar{\lambda}_{i_1} \leq \bar{\lambda}_{i_2} \leq \bar{\lambda}_{i_3} \leq \dots \leq \bar{\lambda}_{i_{r-1}} \leq \bar{\lambda}_{i_r} \leq \dots \leq \bar{\lambda}_{i_n},$$

и если при этом  $\sum_{s=1}^{r-1} Q_{i_s} < \Pi$ , но  $\sum_{s=1}^r Q_{i_s} \geq \Pi$ , то в разработку будут включены лишь первые  $r$  месторождений из последовательности  $\bar{\lambda}_{i_s}$ . Таким образом, последовательность  $\bar{\lambda}_{i_s}$ , определяя состав используемых в оптимальном плане источников сырья, позволяет отыскать и замыкающее месторождение (это месторождение под номером  $i_r$ ).

Так как источники, худшие по величине  $\bar{\lambda}_i$  в сравнении с замыкающим, не используются для выполнения производственного задания  $\Pi$ , то можно предположить, что нумерация  $i = 1, \dots, n$  соответствует ранжировке  $\bar{\lambda}_{i_s}$  от 1 до  $r$  и месторождение под номером  $n$  является, следовательно, «замыкающим». В этих условиях оптимальный план задачи определяется векторами  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  с компонентами:

$$\bar{x}_i^t = \begin{cases} \frac{Q_i}{T - \bar{t}_i + 1} & \text{для } \bar{t}_i \leq t \leq T, \\ 0 & \text{для } 1 \leq t \leq \bar{t}_i - 1 \end{cases} \quad (i = \overline{1, n-1}); \quad (4.5)$$

$$\bar{y}_i^t = \begin{cases} \frac{k_i Q_i}{T - \bar{t}_i + 1} & \text{для } t = \bar{t}_i; \\ 0 & \text{для } t \neq \bar{t}_i \end{cases} \quad (i = \overline{1, n-1}); \quad (4.6)$$

$$\bar{x}_n^t = \begin{cases} \frac{Q_n - \Delta \Pi}{T - \bar{t}_n + 1} & \text{для } \bar{t}_n \leq t \leq T, \\ 0 & \text{для } 1 \leq t \leq \bar{t}_n - 1; \end{cases} \quad (4.7)$$

$$\bar{y}_n^t = \begin{cases} \frac{k_n (Q_n - \Delta \Pi)}{T - \bar{t}_n + 1} & \text{для } t = \bar{t}_n, \\ 0 & \text{для } t \neq \bar{t}_n, \end{cases} \quad (4.8)$$

где  $\Delta \Pi = \sum_{i=1}^n Q_i - \Pi \geq 0$ , а моменты времени  $\bar{t}_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) — точки минимума функций

$$\lambda_i(t) = \frac{c_i \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1} + k_i q^{t-1}}{T - t + 1}.$$

Из решения (4.5)–(4.8) следует, что все месторождения, кроме замыкающего, обрабатываются к моменту времени  $T$  полностью. Замыкающий  $n$ -й источник в периоде  $[1, T]$  используется без остатка лишь тогда, когда сумма запасов всех месторождений в точности совпадает с величиной производственного задания  $\Pi$ . Если же  $\sum_{i=1}^n Q_i > \Pi$ ,

излишний для выполнения плана запас  $\Delta \Pi = \sum_{i=1}^n Q_i - \Pi$

остается на замыкающем источнике. В дальнейшем будем считать для определенности  $\Delta \Pi > 0$ , что, в частности, позволяет рассматривать исходную задачу как каноническую линейного программирования и обеспечивает ограниченность множества решений двойственной задачи.

Второе свойство решения (4.5)–(4.8) состоит в том, что оптимальной политикой разработки месторождений является равномерное извлечение запаса в течение всего срока эксплуатации соответствующего месторождения.

Согласно условиям (4.5)–(4.8), окончание эксплуатации источников приурочивается к завершающему моменту планового периода  $T$ , и решение, таким образом, сводится к нахождению наиболее выгодных сроков начала их эксплуатации. Такими сроками и являются календарные даты  $\bar{t}_i$ , минимизирующие функции времени  $\lambda_i(t)$ . В свою очередь,  $\lambda_i(t)$  зависят от экономических характеристик источников, т. е. от  $c_i$  и  $k_i$ , и их точки минимума различны, так что

неодинаковы и сроки эксплуатации отдельных источников, определяемые выражением  $\Theta_i = T - \bar{t}_i + 1$ .

Равномерная интенсивность разработки обуславливает однократность капиталовложений в обустройство каждого  $i$ -го месторождения. Вложения, осуществляемые в году  $\bar{t}_i$  в объеме  $\bar{y}_i = k_i \frac{Q_i}{\bar{\Theta}_i}$  (или  $\bar{y}_n = k_n \frac{[Q_n - \Delta\Pi]}{\bar{\Theta}_n}$ ), используются в дальнейшем полностью и не нуждаются в увеличении.

На практике однократные затраты в обустройство и равномерная эксплуатация месторождений невозможны из-за ряда условий геологического и технологического характера, не отраженных в задаче. Ее решение характеризуется некоторой «идеальной» политикой обустройства и отработки источников, к которой надо стремиться, поскольку это возможно по реально существующим геолого-технологическим ограничениям. Кроме того, свойства «идеального» решения, на наш взгляд, полезны для обсуждения более сложных ситуаций.

При условии однократности вложений в обустройство и равномерности отработки запаса план (4.5)–(4.8) однозначно определяется установлением дат начала освоения каждого  $i$ -го месторождения ( $\bar{t}_i$ ). Оптимизирующий смысл этого приема и условия нахождения таких дат выявляются при рассмотрении двойственной задачи.

Оптимальные даты  $\bar{t}_i$  определяются минимумом функ-

ций времени вида  $\lambda_i(t) = \frac{c_i \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1} + k_i q^{t-1}}{T - i + 1}$ . Функции  $\lambda_i$  связаны с формулировкой задачи, двойственной к исходной, и соответственно с определением двойственных оценок. Обозначив оценки ограничений (4.2)–(4.4) через  $\bar{\omega}$ ,  $u_i$  и  $v_i^t$ , запишем двойственную задачу (имея в виду, что  $\Delta\Pi = \sum_{i=1}^n Q_i - \Pi > 0$ ):

найти  $\bar{\omega} \geq 0$ ,  $u_i \geq 0$ ,  $v_i^t \geq 0$ , максимизирующие функционал

$$\psi(\bar{\omega}, v_i^t, u_i) = \bar{\omega}\Pi - \sum_{i=1}^n u_i Q_i \quad (4.9)$$

при условиях:

$$\bar{\omega} - k_i v_i^t - u_i \leq c_i q^{t-1} \quad (i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}); \quad (4.10)$$

$$\sum_{\tau=t}^T v_i^\tau \leq q^{t-1} \quad (i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}). \quad (4.11)$$

Согласно известным соотношениям для пары двойственных задач линейного программирования, ограничения (4.10) для  $t \geq \bar{t}_i$  (т. е. там, где  $x_i^t > 0$ ) выполняются как строгие равенства. Аналогично для  $t = \bar{t}_i$  превращаются в равенства и условия (4.11). Кроме того, на векторах  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  и при оптимальных значениях оценок  $\bar{\omega}$ ,  $u_i$  и  $v_i^t$  (обозначим их соответственно через  $\bar{\omega}$ ,  $\bar{u}_i$  и  $\bar{v}_i^t$ ) функционалы (4.4) и (4.9) совпадают. Приняв все это во внимание, получаем следующую систему уравнений:

$$\bar{\omega} - k_i \bar{v}_i^{\bar{t}_i + \tau} - \bar{u}_i = c_i q^{\bar{t}_i + \tau - 1} \quad (0 \leq \tau \leq \bar{\Theta}_i - 1); \quad (4.12)$$

$$\sum_{t=\bar{t}_i}^T \bar{v}_i^t = q^{\bar{t}_i - 1} \quad (i = \overline{1, n}); \quad (4.13)$$

$$\begin{aligned} \varphi(\bar{x}, \bar{y}) &= \sum_{i=1}^n \bar{\lambda}_i Q_i - \bar{\lambda}_n \Delta\Pi = \psi(\bar{\omega}, \bar{v}_i^t, \bar{u}_i) = \\ &= \sum_{i=1}^n (\bar{\omega} - \bar{u}_i) Q_i - \bar{\omega} \Delta\Pi. \end{aligned} \quad (4.14)$$

Суммируя по  $\tau$ , для каждого  $i$ -го уравнения вида (4.12) получим условие

$$(T - \bar{t}_i + 1) \bar{\omega} - k_i \sum_{\tau=\bar{t}_i}^T \bar{v}_i^{\bar{t}_i + \tau} - (T - \bar{t}_i + 1) \bar{u}_i = \sum_{t=\bar{t}_i}^T c_i q^{t-1}.$$

С учетом равенства (4.13) его можно записать в таком виде:

$$\bar{\omega} - \bar{u}_i = \frac{c_i \sum_{t=\bar{t}_i}^T q^{t-1} + k_i q^{\bar{t}_i - 1}}{T - \bar{t}_i + 1}.$$

Следовательно, минимальное значение  $\bar{\lambda}_i = \min_{1 \leq t \leq T} \lambda_i(t)$  определяется как разность между оценкой ограничения по суммарной добыче ресурса ( $\Pi$ ) и оценкой запаса  $i$ -го ме-



сторожения. Тогда уравнение (4.14) записывается в виде

$$\sum_{i=1}^n \bar{\lambda}_i Q_i - \bar{\lambda}_n \Delta \Pi = \sum_{i=1}^n \bar{\lambda}_i Q_i - \bar{\omega} \Delta \Pi,$$

откуда непосредственно следует, что  $\bar{\omega} = \lambda_n$ .

Допустимость оценок  $\bar{\omega}$ ,  $\bar{u}_i$  и  $\bar{v}_i^t$  по ограничению (4.10) для  $t < \bar{t}_i$  и ограничению (4.11) для  $t \neq \bar{t}_i$  проверяется непосредственно, а выполнение равенства (4.14) означает их оптимальность.

Оценка  $\bar{\omega}$  выражает прирост суммы приведенных затрат (4.4) при увеличении производственного задания  $\Pi$  на единицу (достаточно малую величину). Эта дополнительная единица может быть получена только за счет расширения добычи на худшем ( $n$ -м) месторождении, т. е. за счет резерва  $\Delta \Pi$ . Следовательно,  $\bar{\omega}$  определяется уровнем затрат на получение единицы (1 т) ресурса именно на замыкающем месторождении. В силу равномерности эксплуатации источников сырья добыча дополнительной единицы также будет равномерно распределена на весь срок  $\bar{\Theta}_n = T - \bar{t}_n + 1$ , так что дополнительная добыча, приходящаяся на один год этого срока, выражается величиной  $1/\bar{\Theta}_n$ . Такое увеличение годовой добычи потребует дополнительных капиталовложений в момент времени  $\bar{t}_n$  в размере  $k_n/\bar{\Theta}_n$ . Приведенная к начальному моменту сумма дополнительных капитальных затрат составит  $\frac{k_n q^{\bar{t}_n - 1}}{\bar{\Theta}_n}$ . Прирост же эксплуатационных

издержек выразится величиной  $\frac{c_n \sum_{t=\bar{t}_n}^T q^{t-1}}{\bar{\Theta}_n}$ . Сумма этих

двух элементов затрат дает их общее увеличение, обусловленное «единичным» дополнительным производствен-

ным заданием, в размере  $\frac{c_n \sum_{t=\bar{t}_n}^T q^{t-1} + k_n q^{\bar{t}_n - 1}}{\bar{\Theta}_n}$ . Отсюда

следует, что  $\bar{\omega} = \bar{\lambda}_n$ .

Введенное ранее в терминах величин  $\bar{\lambda}_i$  понятие замыкающего месторождения полностью совпадает с общепринятым затратным его определением. Баланс произ-

водства  $\Pi$  замыкается тем источником сырья, который, будучи необходимым для выполнения производственной программы, характеризуется максимальным, по сравнению со всеми прочими источниками, уровнем затрат на получение единицы ресурса. Если эта единица складывается из равновеликих за некоторый период объемов добычи, как это имеет место в рассматриваемом случае, то замыкающие затраты в традиционном смысле в точности определяются величиной  $\lambda_n$ .

Рассмотрим теперь принцип определения оптимальных сроков разработки месторождений  $\bar{\Theta}_i$  (или, что то же самое, оптимальных дат начала работ по их обустройству и эксплуатации ( $\bar{t}_i$ )). При равномерном отборе запаса затраты на извлечение единицы ресурса на каждом  $i$ -м месторождении в течение любого периода  $\Theta = T - \bar{t} + 1$

исчисляются величиной  $\lambda_i(t) = \frac{c_i \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1} + k_i q^{t-1}}{T - \bar{t} + 1}$ . Естественно стремление найти такие сроки разработки месторождений, при которых указанная норма затрат была бы минимальной. Это и достигается минимизацией  $\lambda_i(t)$  из условия  $\bar{\lambda}_i = \bar{\lambda}_i(\bar{t}_i) = \min_{1 \leq t \leq T} \lambda_i(t)$ , а наибольшее по всем

$i$ -м месторождениям значение  $\bar{\lambda}_i$  устанавливает, по определению, уровень замыкающих затрат и указывает, следовательно, номер замыкающего месторождения  $n$ .

Нетрудно интерпретировать и оценки запасов по месторождениям  $\bar{u}_i$ . Каждая из них измеряет влияние потенциального приращения запаса  $i$ -го источника на сумму затрат (4.4). Если бы такое приращение произошло, можно было бы снизить общую сумму затрат, заменив равновеликую добычу из худшего источника. Следовательно, оценки ограничений по запасам ресурса в отдельных источниках, определяемые как  $\bar{u}_i = \bar{\omega} - \bar{\lambda}_i = \bar{\lambda}_n - \bar{\lambda}_i$ , представляют собой максимально возможную экономию общей суммы строительно-эксплуатационных расходов, обусловленную вытеснением добычи единицы ресурса на замыкающем месторождении единицей прироста запасов на каждом из прочих месторождений.

Легко также оценить и область устойчивости оценок  $\bar{\omega}$  и  $\bar{u}_i$ . Очевидно, что уровень замыкающих затрат  $\bar{\omega}$  будет неизменным до тех пор, пока увеличение производственного задания  $\Pi$  не превзойдет резерва не исполь-

зуемых на замыкающем месторождении запасов  $\Delta\Pi$ .

Если же  $\Pi > \sum_{i=1}^n Q_i$ , то при прежнем наборе месторождений в исходной задаче не существует допустимого плана и требуется ввести в эксплуатацию источник сырья с худшими по сравнению с  $n$ -м показателями затрат. Это приведет к увеличению удельных замыкающих затрат  $\bar{\omega}$ , а значит, и к возрастанию показателей «экономии замещения»  $\bar{u}_i = \bar{\omega} - \bar{\lambda}_i$ . В то же время сокращение производственной программы оставляет устойчивыми оценки  $\bar{\omega}$  и  $\bar{u}_i$  также лишь в условиях неизменности замыкающих затрат. Последние уменьшатся и установятся на уровне  $\bar{\lambda}_{n-1}$  относительно лучшего  $(n-1)$ -го месторождения, как только снижение задания превзойдет разность  $Q_n - \Delta\Pi$ . Тогда снизятся (на величину  $\bar{\lambda}_n - \bar{\lambda}_{n-1}$ ) и показатели «экономии замещения».

Аналогично определяется устойчивость оценок  $\bar{u}_i$  при вариации ограничений на объемы запасов  $\Pi_i$  в исходной задаче. Если приращение запасов на месторождениях (исключая последнее) превосходит уровень добычи ресурса на  $n$ -м источнике  $(Q_n - \Delta\Pi)$ , то этот источник исключается из плана, а замыкающие затраты определяются на уровне издержек предшествующего по эффективности месторождения ( $\bar{\omega} = \bar{\lambda}_{n-1}$ ). Соответственно изменяются и оценки  $\bar{u}_i$ . При сокращении запасов мы имеем дело с ситуацией, подобной увеличению производственного задания и необходимости вовлечения в эксплуатацию источника, не понавшего в первоначальную последовательность  $\{1, \dots, n\}$ . Что касается оптимальных оценок  $\bar{v}_i^t (t \geq \bar{t}_i)$ , то их структура определяется соотношением  $k_i \bar{v}_i^t + c_i q^{t-1} = \bar{\lambda}_i (t \geq \bar{t}_i)$ , а сами по себе они выступают основой ежегодного возмещения (нормы амортизации) капиталовложений в обустройство  $i$ -го месторождения.

## § 2. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ РЕНТА И ОПТИМАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ВОСПРОИЗВОДИМЫХ И НЕВОСПРОИЗВОДИМЫХ РЕСУРСОВ<sup>2</sup>

Рассмотрение задачи оптимизации режима разработки месторождений однородного минерального сырья в предыдущем параграфе позволило выявить нетривиальные

<sup>2</sup> Параграф написан совместно с С. А. Суспицыным.

свойства оптимальных оценок ограничений по запасам ресурсов с точки зрения их экономической интерпретации. Расчет оптимальных оценок ограничений по запасам полностью совпадает с вычислением дифференциальной ренты в известных Марксовых схемах. Аналогичные результаты описаны в работах Л. В. Канторовича, И. Я. Петракова, в которых они получены на примере оптимизации использования земель различного качества (с разницей лишь в названиях статей расходов)<sup>3</sup>. Эти результаты показывают, что оптимальные оценки земельных участков различного качества имеют смысл дифференциальной ренты, механизм образования которой был раскрыт и всесторонне обоснован К. Марксом.

Теоретико-экономический анализ ренты позволил вскрыть объективный характер существования этой категории. К. Маркс дал всеобъемлющее экономическое доказательство ее реальности и показал принципиальную возможность количественного определения величины ренты. Работы Л. В. Канторовича и других исследователей в этом направлении послужили основой использования теоретических положений, относящихся к дифференциальной ренте, в практике оптимального планирования.

Развитие теории оптимального планирования стимулировало дальнейшие теоретические исследования в анализе дифференциальной ренты вообще и горной ренты в частности<sup>4</sup>.

Существенные особенности категории горной ренты, по мнению В. Н. Богачева, состоят в следующем.

1. Поскольку в принципе земля — бессрочное средство производства, то земельный рентный доход «вечен», рента же с горной выработки ограничена временем полного извлечения локализованного там запаса. Важным следствием из этого является различное соотношение годовой ренты и капитальной оценки источника в том и другом случае. При данной дисконтной ставке цены разных

<sup>3</sup> Канторович Л. В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов.— М.: Изд-во АН СССР, 1960; Петраков И. Я. Рентабельность и цена.— М.: Экономика, 1964.

<sup>4</sup> Богачев В. Н. О горной ренте и оценке месторождений сырья и топлива.— Вопросы экономики, 1974, № 9, с. 25—38; Гофман К. Г. Экономическая оценка природных ресурсов в условиях социалистической экономики.— Экономика и математические методы, 1974, т. X, вып. 3, с. 469—480; Сухотин Ю. В. О цене природных ресурсов.— Вопросы экономики, 1967, № 12, с. 87—98.

участков земли всегда пропорциональны приносимой ими годовой ренте. Но капитальная оценка источников сырья с ограниченным запасом в недрах не определена, если задана годовая рента: надо еще знать, какая доля общего запаса отбирается ежегодно, и, следовательно, насколько долговечен этот источник ренты.

2. Плодородие земли (т. е. продуктивность единицы площади при данной норме текущих расходов по ее обработке) можно рассматривать как «первоначальный» дар природы и обсуждать происхождение и количественный уровень ренты в терминах естественных различий в свойствах земельных участков, что и приводит к теории дифференциальной ренты I. Но никакая сколь угодно подробная природно-геологическая характеристика не определяет годовой продуктивности рудника (шахты, промысла и т. п.), последняя зависит только от степени и характера обустройства источника сырья, от мощности горно-добывающего предприятия, т. е. от факторов, относящихся не к «первоначальным силам недр», а составляющих предмет хозяйственных решений.

3. Механизм образования горной ренты не сводится и к различиям в эффективности последовательных вложений на базе данной техники, составляющих необходимое условие дифференциальной ренты II. Хотя дифференциальная рента II возможна (и, несомненно, наличествует) в добывающей промышленности, специфичность горной ренты как особенной категории не предполагает неизменного выполнения условий, необходимых для возникновения ренты II.

В подтверждение этого тезиса можно рассмотреть следующий пример. Пусть норма дохода как разность между продажной ценой единицы извлекаемого запаса и затратами на его извлечение, отнесенная к удельной капиталоемкости добычи, превышает нормальную эффективность (норму прибыли для капиталистических условий) и остается величиной постоянной при любых градациях мощности добывающего предприятия. В терминах земельной дифференциальной ренты II такое условие ведет к парадоксу бесконечно большой капиталоемкости и продуктивности участка. Но при ограниченном запасе полезного ископаемого в недрах условие «постоянства отдачи на единицу масштаба» не порождает никаких трудностей или абсурдов; заведомо конечный срок полезного функционирования капиталовложений в добы-

вающее предприятие (тем более краткий, чем выше мощность и величина вложений) ограничивает целесообразный объем первоначальных затрат в обустройство источника ископаемого сырья, сколь угодно рентабельного в смысле удельной нормы дохода.

Отмеченные выше отличия горной ренты от дифференциальной вообще удается проследить и в линейных экономико-математических моделях, для которых «постоянство отдачи на единицу масштаба» является неизменным условием их построения. Скажем, распространяя пример Л. В. Канторовича оптимального распределения участков лучших, средних и плохих земель под отдельные виды сельскохозяйственных культур на несколько временных интервалов, можно сформулировать следующую задачу:

$$\sum_{i,t} c_i^t x_i^t \rightarrow \min; \quad (4.15)$$

$$\sum_i a_i^t x_i^t \geq P^t; \quad (4.16)$$

$$x_i^t \leq Q_i, \quad (4.17)$$

где  $x_i^t$  — количество земли  $i$ -го вида, выбираемой для посева злака в году  $t$ ;  $a_i^t$  — урожайность злака в году  $t$  на земле  $i$ -го вида;  $c_i^t$  — затраты труда в году  $t$  на обработку 1 га земли  $i$ -го вида;  $P^t$ ,  $Q_i$  — плановое задание по сбору зерна по годам и наличные площади земель  $i$ -го вида соответственно.

Зафиксируем некоторый план посевных площадей по годам планового периода  $\{x_i^t\}$ , удовлетворяющий условиям (4.16)–(4.17). Тогда, если  $I(t)$  — множество задействованных в году  $t$  площадей

$$I(t) = \{i: x_i^t > 0\},$$

а  $i(t)$  — индекс участка с максимальными затратами на обработку почвы

$$\frac{c_{i(t)}^t}{a_{i(t)}^t} = \max_{i \in I(t)} \frac{c_i^t}{a_i^t},$$

то дифференциальная рента на  $i$ -м участке в расчете на 1 га, согласно схеме Маркса, выразится величиной

$$R_i^t = \left( \frac{c_{i(t)}^t}{a_{i(t)}^t} - \frac{c_i^t}{a_i^t} \right) a_i^t. \quad (4.18)$$



Соответственно затраты на производство 1 ц зерна на худшем участке  $c_{i(t)}^t/a_{i(t)}^t$  с необходимостью признаются ценообразующими, так что цена  $p^t = c_{i(t)}^t/a_{i(t)}^t$  покрывает индивидуальные издержки производства зерна на любом из вовлеченных в разработку земельных участков  $c_i^t$ ,  $i \in I(t)$  и обеспечивает «владельцу участка» ренту  $R_i^t$ , т. е.

$$p^t a_i^t = c_i^t + R_i^t. \quad (4.19)$$

Далее допустим, что исходный план  $\{\bar{x}_i^t\}$  был оптимален в задаче (4.15)–(4.17). Тогда ему вменяются оптимальные оценки  $\bar{\xi}^t$  — ограничений на удовлетворение спроса в зерне и  $\bar{u}_i^t$  — ограничений на максимальные размеры площадей обрабатываемых участков в году  $t$ . Сам принцип формирования оптимального плана  $\{\bar{x}_i^t\}$  довольно прост. Все земельные участки ранжируются в каждом году по возрастанию затрат обработки 1 га в расчете на 1 ц ожидаемого урожая (для года  $t$  сохраним естественную нумерацию):

$$\frac{c_1^t}{a_1^t} < \frac{c_2^t}{a_2^t} < \dots < \frac{c_{i(t)}^t}{a_{i(t)}^t} < \dots \quad (4.20)$$

В обработку включаются участки, первые в ряду (4.20) восходящих удельных затрат, причем все участки, кроме замыкающего, используются полностью, а посевные площади замыкающего участка выбираются лишь в размере, обеспечивающем сбор урожая с него в объеме, дополняющем производство зерна на предшествующих участках до размеров потребности в нем. Оптимальные оценки  $\bar{\xi}^t$  и  $\bar{u}_i^t$  в силу признака оптимальности двойственных программ задаются условиями:

$$\begin{aligned} \bar{\xi}^t a_i^t &= c_i^t + u_i^t, \\ \bar{u}_i^t &= \left( \frac{c_{i(t)}^t}{a_{i(t)}^t} - \frac{c_i^t}{a_i^t} \right) a_i^t \text{ для } i \in I(t), \\ \bar{u}_i^t &= \frac{c_{i(t)}^t}{a_{i(t)}^t}. \end{aligned} \quad (4.21)$$

Соотношения (4.21) для оптимальных оценок  $\bar{\xi}^t$  и  $\bar{u}_i^t$  полностью аналогичны выписанным выше определениям

дифференциальной ренты  $R_i^t$  и «замыкающих» затрат  $p^t$ . Оценка  $\bar{\xi}^t$  задается затратами эксплуатации худшего по условиям года  $t$ , но попавшего в план участка земли. Оптимальные оценки самих участков  $\bar{u}_i^t$  определяются разностью в затратах обработки худшего и оцениваемого участков земли и нормируются на единицу площади.

По существу, анализ свойств решения задачи многопериодной оптимизации (4.15)–(4.17) не дал ничего существенно нового в интерпретации оптимальных оценок в терминах земельной ренты по сравнению с анализом задач, изученных для условий одного года. Он и не мог дать ничего иного, поскольку исходная многопериодная задача в действительности распадается на ряд однопериодных. Задача (4.15)–(4.17) была рассмотрена для того, чтобы по аналогии с ней построить задачу, отражающую лишь принципиальные условия формирования горной ренты.

Теоретические отличия горной ренты от земельной изложены выше. Здесь нас интересует другой вопрос: в какой степени удастся перенести интерпретацию оптимальных оценок в терминах дифференциальной ренты на задачу оптимизации режима разработки месторождений минерального сырья. Политико-экономическая традиция трактует горную ренту как несущественную разновидность дифференциальной ренты вообще, заслуживающую специального упоминания разве только в связи со специфичностью отрасли, где она образуется и реализуется. Если это так, то характеристика оптимальных оценок запаса минерального сырья полностью исчерпывается анализом земельной дифференциальной ренты, данным Марксом. На самом же деле свойства земельной ренты полностью не переносятся на оценки месторождений природных ископаемых, причиной тому — отмеченные выше специфические особенности горной ренты. Земля как сельскохозяйственный ресурс не расходуется, а лишь «задаживается» в течение года и при правильных приемах агротехники к началу следующего сельскохозяйственного цикла выступает в прежнем своем качестве (или хотя бы количестве).

Следовательно, ограничения типа (4.17) на максимальные размеры вовлекаемых в обработку земельных участков с известной степенью идеализации следует считать правильными. Запас же природного ископаемого не

просто «задаживается», а действительно расходуете по мере отработки источника. Следовательно, общая величина добытого ресурса за время эксплуатации месторождения принципиально не может превзойти величины скрытых в недрах запасов. Что действительно ограничено, так это запасы в недрах, только они могут служить объективными ограничениями области допустимых решений.

Постановка оптимизационных задач с заранее заданными ограничениями на годовые интенсивности отработки отдельных источников (т. е. задач структуры (4.15) — (4.17), в которых удается интерпретировать оптимальные оценки в терминах земельной дифференциальной ренты) существенно сужает область допустимых планов. В этом случае оценки ограничений на уровень годовой добычи из разных источников вовсе не ренты, не объективные характеристики ценности источника, а скорее что-то вроде монопольных прибылей, оценки дополнительного дохода, обусловленного искусственным ограничением объема деятельности по эксплуатации не наилучших источников.

Таким образом, простейшая постановка задачи оптимизации режима разработки совокупности месторождений, идейно близкая примеру Л. В. Канторовича, но учитывающая невоспроизводимость эксплуатируемого ресурса, выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \sum_{i,t} c_i^t x_i^t &\rightarrow \min, \\ \sum_i x_i^t &\geq P^t, \\ \sum_t x_i^t &\leq Q_i. \end{aligned} \quad (4.22)$$

Если  $\{\bar{x}_i^t\}$  — допустимый план разработки данной совокупности месторождений, то, аналогично изложенному выше, можно рассчитать ценообразующие затраты замыкающего предприятия

$$p^t = c_i^t(t) = \max_{i \in I(t)} (c_i^t)$$

и дифференциальную ренту в расчете на единицу добычи в году  $t$ , получаемую при эксплуатации  $i$ -го источника

$$R_i^t = (c_{i(t)}^t - c_i^t) \quad (i \in I(t)).$$

Как и полагается,

$$p^t = c_i^t + R_i^t.$$

Пусть к тому же рассматриваемый допустимый план  $\{\bar{x}_i^t\}$  оптимален в исходной задаче (4.8). Тогда ему вменены оптимальные оценки  $\bar{\xi}^t$  и  $\bar{u}_i$ , относительно которых справедливы соотношения:

$$\bar{\xi}^t = c_i^t + \bar{u}_i; \quad (4.23)$$

$$\bar{u}_i + \bar{u}_{i(t)} = c_{i(t)}^t - c_i^t \quad (i \in I(t)). \quad (4.24)$$

Если оптимальная оценка  $\bar{u}_{i(t)}$  замыкающего источника в году  $t$  равна нулю, то оптимальные цены  $\bar{\xi}^t$  и оценки запасов  $\bar{u}_i$  естественным образом интерпретируются в терминах дифференциальной ренты:  $\bar{\xi}^t$  равна затратам худшего источника,  $\bar{u}_i$  — разнице в издержках худшего и оцениваемого месторождений. В общем случае предположение о равенстве нулю оптимальной оценки запасов худшего месторождения по условиям его эксплуатации в году  $t$  неверно. На самом деле худший источник (источник с нулевой оценкой) в рамках подобных задач определяется по условиям освоения всей совокупности месторождений за рассматриваемый плановый период. Это позволяет сделать следующий вывод: оптимальные оценки источников невоспроизводимых природных ресурсов не поддаются непосредственному истолкованию в категориях дифференциальной ренты, о чем свидетельствует тот факт, что с появлением новой единицы запаса на  $i$ -м месторождении ее выгодно использовать в году, для которого достигает максимума разница между предельными затратами и прямыми издержками по добыче этой единицы. Действительно, из соотношений двойственной задачи вытекает, что

$$\bar{u}_i = \max_t (\bar{\xi}^t - c_i^t). \quad (4.25)$$

Выражение (4.25) служит дополнительным аргументом против понимания оценки  $\bar{u}_i$  как дифференциальной ренты в расчете на единицу годовой добычи.

В литературе нередко высказывается предложение о построении цен на продукцию добывающих отраслей с учетом дифференциальной ренты. Оно мотивируется следующим. В каждом году  $t$  оптимальные дифференциальные

затраты  $c_i^t + \bar{u}_i$  совпадают с предельными затратами по программе в целом. Кроме того, из анализа двойственной задачи вытекает, что

$$\bar{\xi}^t = \min_i (c_i^t + \bar{u}_i), \quad (4.26)$$

т. е. оптимальные оценки  $\bar{u}_i$  входят составной частью в дифференциальные затраты  $c_i^t + \bar{u}_i$ , показывающие прирост суммарных затрат по всей совокупности месторождений, если требуется обеспечить в году  $t$  дополнительную единицу потребности в ресурсе за счет запасов  $i$ -го месторождения.

Существующие тенденции в ценообразовании состоят в приближении цен к общественно необходимым затратам труда. В концепции оптимального планирования таковыми признаются дифференциальные затраты, состоящие из прямых затрат и затрат обратной связи. Признание одного из элементов затрат обратной связи рентной оценкой и приводит к заключению о необходимости отражения в цене дифференциальной ренты.

Ценообразующие затраты в теории дифференциальной ренты формируются индивидуальными издержками худших источников природных ресурсов  $p^t = \max_{i \in I(t)} (c_i^t)$  и представляют собой предел снизу индивидуальных затрат в восходящем ряду прямых издержек  $c_1^t \leq c_2^t \leq \dots \leq c_{i(t)}^t \leq \dots$ . «Оптимальная цена» единицы добычи в оптимизационных задачах, напротив, определяется минимальными индивидуальными дифференциальными затратами  $\bar{\xi}^t = \min_i (c_i^t + \bar{u}_i)$  и в этом смысле есть предел сверху в убывающем ряду дифференциальных затрат  $c_{i_1}^t + u_{i_1} \geq c_{i_2}^t + \bar{u}_{i_2} \geq \dots \geq c_{i(t)}^t + \bar{u}_{i(t)}$ . Для воспроизводимых источников природных ресурсов эти пределы совпадают

$$\bar{\xi}^t = \min (c_i^t + \bar{u}_i) = c_{i(t)}^t + \bar{u}_{i(t)} = c_{i(t)}^t = \max_{i \in I(t)} c_i^t = p^t.$$

на основе задачи (4.16) — (4.17).

Для невозпроизводимых ресурсов «оптимальная цена» выше ценообразующих затрат худшего источника на величину его оптимальной оценки, т. е.  $\bar{\xi}^t = p + \bar{u}_{i(t)}$ .

Естественно, что если «подправить» рентные оценки  $\bar{u}_i$  на величину оценки  $\bar{u}_{i(t)}$  месторождения «худшего», по условиям эксплуатации года  $t$ , то скорректированная таким образом рентная оценка  $i$ -го источника должна дать дифференциальную ренту в ее изначальном понятии — как разницу в затратах добычи ресурса на худшем и оцениваемом источнике. Действительно, как следует из (4.24),  $\bar{u}_i - \bar{u}_{i(t)} = c_{i(t)} - c_i^t$ .

Рассмотрение же свойств оценок воспроизводимых ресурсов с учетом затрат на воспроизводство может выявить более существенную разницу по сравнению со свойствами оценок невозпроизводимых ресурсов. Вместе с тем наиболее важные особенности оценок невозпроизводимых ресурсов выявляются при рассмотрении временных аспектов этих оценок.

### § 3 ОПТИМИЗАЦИЯ ОСВОЕНИЯ ГРУППЫ ИСТОЧНИКОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ С ИЗВЕСТНОЙ ТРАЕКТОРИЕЙ СУММАРНОЙ ДОБЫЧИ<sup>5</sup>

В § 1 настоящей главы рассматривалась задача, в которой ограничение на потребность в сырье предполагалось заданным на весь плановый период. Такая упрощенная постановка позволила провести некоторый анализ ее решения и получаемых одновременно с планом задачи оптимальных оценок источников сырья. Однако некоторые предположения (например, задание суммарной добычи в целом на период) не позволили выявить влияние такого важного фактора, как фактор времени, на экономическую оценку источников.

Для дальнейшего анализа рентной природы оптимальных оценок запасов месторождений и более полного учета фактора времени в этом анализе усложним задачу, заменив ограничение по заданию в целом на плановый период системой ограничений по годам этого периода. Такое усложнение в некотором смысле приближает задачу к реальным условиям.

Задача заключается в отыскании таких неотрицательных векторов  $x = (x_1^1, x_2^1, \dots, x_i^1)$  и  $y = (y_1^1, y_2^1, \dots, y_i^1)$ , которые бы минимизировали функционал

$$\sum_{i=1}^n \left( \sum_{t=1}^T c_i^t x_i^t + \sum_{t=0}^{T-1} q^t y_i^t \right) \rightarrow \min \quad (4.27)$$

<sup>5</sup> Параграф написан совместно с С. А. Суспицыным.



при условиях:

$$\sum_{t=1}^T x_i^t \leq Q_i; \quad (4.28)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^t \geq P^t; \quad (4.29)$$

$$\sum_{\tau=1}^t y_i^\tau \geq k_i x_i^t. \quad (4.30)$$

В этой задаче критерием является минимум суммарных дисконтированных затрат на обустройство и эксплуатацию месторождений. Условия (4.28) отражают ограниченность запасов на каждом месторождении, (4.29) — выполнение задания по добыче по годам планового периода (неубывающей траекторией). Наконец, условие (4.30) показывает зависимость темпов отбора запасов от затрат по капитальному обустройству месторождения;  $c_i$  и  $k_i$  — соответственно текущие и капитальные затраты в расчете на единицу добычи.

Пусть  $\bar{u}_i$  и  $\bar{\omega}$  — оптимальные оценки запасов  $i$ -го месторождения и задания по добыче ресурса соответствен-

но. Тогда, если обозначить через  $w_i = \frac{\sum_{\tau=t}^T \bar{\omega}_\tau}{T-t+1}$  усреднение  $(T-t+1)$  последних оценок задания, то из анализа свойств решения задачи (4.27)–(4.30) вытекает справедливость следующего равенства

$$\bar{w}_i = \min (\bar{u}_i - \lambda_i(t)), \quad (4.31)$$

где  $\lambda_i(t)$  — функция средних дисконтированных затрат, исследованная в § 1 настоящей главы. Она определяется по формуле

$$\lambda_i(t) = \frac{k_i q^{t-1} + \sum_{\tau=t}^T c_i q^\tau}{T-t+1}. \quad (4.32)$$

При этом равенство (4.31) в каждом году  $t$  достигается для тех  $i \in I(t)$  месторождений, оптимальные планы разработки которых предполагают прирост добычи ресурса в этом году. Следовательно, если обозначить множество та-

ких источников через  $I(t) = \{i: \Delta x_i^t > 0\}$ , то для них справедливо условие

$$\bar{u}_i - \lambda_i(t) = \text{const} \quad (i \in I(t)). \quad (4.33)$$

Или если среди всех источников из множества  $I(t)$ , обеспечивающих прирост потребности в ресурсе в году  $t$ , выделить замыкающий с индексом  $i(t)$ ,  $\lambda_{i(t)}(t) = \max_{i \in I(t)} \lambda_i(t)$ , то свойство (4.33) оптимального плана может быть переписано в следующем виде:

$$\bar{u}_i - \bar{u}_{i(t)} = \lambda_{i(t)}(t) - \lambda_i(t). \quad (4.34)$$

В (4.34) разность оптимальных оценок любого  $i$ -го месторождения и замыкающего по условиям года  $t$  источника так же, как и при рассмотрении задачи (4.15)–(4.17), определяется разностью удельных затрат, но не только этого года, но и усреднением всех будущих расходов, связанных с приростом в году  $t$  мощностей добывающих предприятий, эксплуатирующих эти источники. Показатели  $\lambda_i(t)$  появляются в связи с тем, что в модели нашли отражение принципиальные различия между затратами текущего и капитального характера.

Поскольку в функционале задачи капитальные затраты учитываются отдельной статьей, то нормативы эксплуатационных расходов не содержат компонент, связанных с амортизацией капитальных средств, задолженных в обустройство месторождений. В то же время из литературы известны приемы сведения интегральных затрат к мере годового расхода, рекомендуемые исчислять амортизационную составляющую в текущих затратах с учетом фактора времени. Если воспользоваться этими рекомендациями, то правая часть равенства (4.34) может быть представлена следующим образом:

$$\lambda_{i(t)}(t) - \lambda_i(t) = \frac{\sum_{\tau=t}^T [(\hat{c}_{i(t)} + E k_{i(t)}) - (\hat{c}_i + E k_i)] \frac{1}{(1+E)^\tau}}{T-t+1} = R_i(t), \quad (4.35)$$

где  $\hat{c}_i$ ,  $\hat{c}_{i(t)}$  — себестоимость добычи единицы ресурса, в составе которой калькулируется амортизация, подсчитанная с учетом фактора времени, т. е. по норме  $\frac{E}{(1-E)^{\Theta}-1}$ .

Зная структуру  $\hat{c}_i$ , величину  $c_i + Ek_i$  можно понимать как удельные приведенные затраты ( $E$  — норматив эффективности капитальных вложений). Тогда разность замыкающих приведенных затрат  $\hat{c}_{i(t)} + Ek_{i(t)}$  и приведенных затрат по оцениваемому источнику  $\hat{c}_i + Ek_i$  задает рентную оценку единицы добычи на  $i$ -м месторождении, а капитализация годовых рент  $(\hat{c}_{i(t)} + Ek_{i(t)}) - (\hat{c}_i + Ek_i)$  за срок от момента вложений до конца планового периода определяет капитализированную дифференциальную ренту. Так что разность  $\lambda_{i(t)}(t) - \lambda_i(t)$ , а в силу (4.34) и разность оптимальных оценок  $\bar{u}_i - \bar{u}_{i(t)}$ , есть не что иное, как среднегодовая величина капитализированной дифференциальной ренты в расчете на единицу запасов, извлекаемого в периоде  $\theta = T - t + 1$  за счет мощностей добывающего предприятия, созданных в году  $t$ <sup>6</sup>.

Вкратце рассмотрим структуру оценок запасов предполагаемых к эксплуатации источников. Для любого года  $t$ , для которого прирост потребности в ресурсе обеспечивается условиями эксплуатации  $i$ -го месторождения, величина оптимальной оценки его запасов с учетом (4.34) — (4.35)  $\bar{u}_i$  может быть представлена в виде

$$\bar{u}_i = \bar{u}_{i(t)} + (\bar{u}_i - \bar{u}_{i(t)}) = \bar{u}_{i(t)} - R_i(t), \quad (4.36)$$

где  $R_i(t)$  — величина средней капитализированной ренты, определяемая выражением (4.35);  $\bar{u}_{i(t)}$  — оценка запасов месторождения с индексом  $i(t)$ , замыкающего оптимальный баланс добычи по обеспечению прироста потребности в ресурсе в году  $t$ .

<sup>6</sup> Аналогичные показатели рассматриваются Т. С. Хачатуровым в книге «Советская экономика на современном этапе» (М.: Мысль, 1975, с. 87—88). В основу расчета оценки месторождения в этой работе предлагается положить метод капитализации ренты. Если известна средняя ежегодная рента  $R_{cp}$ , то можно исчислить

оценку месторождения  $p$  по формуле  $p = \sum_{t=1}^T R_{cp} \frac{1}{(1+E)^t}$ , где

$T$  — срок эксплуатации месторождения. Если же заданы годовые ренты  $r_t$ , то вся рента с учетом одновременности ее получения

будет равна  $R_{cp} = \sum_{t=1}^T r_t \frac{1}{(1+E)^t}$ , а средняя приведенная —

$R_{cp}/T$ . Эту величину и рекомендуется подставить в формулу оценки источника  $p$  вместо  $R_{cp}$ .

Возникает вопрос: почему в величину оценки  $\bar{u}_i$  кроме очевидной рентной составляющей  $R_i(t)$  входит и оценка замыкающего по условиям года  $t$  источника  $i(t)$ ? Ответ, по-видимому, состоит в следующем. Источник с номером  $i(t)$  вовлекается в разработку в году  $t$  лишь потому, что режимы эксплуатации всех месторождений, предшествующих ему по затратам года  $t$ , выбрались оптимальными не только с позиций рассматриваемого года  $t$ , но и для всего периода в целом. Следовательно, дополнительная единица запасов, «обнаруженная» на  $i$ -м месторождении, не только позволяет получить в году  $t$  экономию «затрат замещения»  $R_i(t)$ , но и, по существу, означает для всех последующих интервалов времени единичный прирост запасов на месторождении с номером  $i(t)$ . Рациональное извлечение этих «дополнительных» запасов принесет экономию затрат в целом по совокупности месторождений сверх экономии «затрат замещения» на уровне оценки  $\bar{u}_{i(t)}$ . Поскольку эта экономия была получена благодаря «лишней» единице запасов на  $i$ -м месторождении, она должна быть включена наряду с «прямой» экономией  $R_i(t)$  в полную сумму предельной экономии суммарных затрат, приносимых «дополнительной единицей» запасов на  $i$ -м месторождении, т. е. в величину оценки его запасов  $\bar{u}_i$ .

По существу, в теории дифференциальной ренты не рассматриваются вопросы межвременных рентных оценок качества проектов природопользования. Рассмотрение планового периода как ряда изолированных интервалов времени приводит к следующему:

исчезает необходимость применения специальных методов соизмерения разновременных затрат и эффектов;

исключается возможность экономии общественных затрат за счет рациональных межвременных перераспределений объемов добычи между отдельными источниками;

возможности вытеснения объемов добычи на худшем месторождении не могут быть сопоставлены с последующей экономией затрат, вызываемой перераспределением динамики добычи на замыкающем источнике в другие отрезки времени в целом по рассматриваемой группе месторождений.

В этом случае изложенные выше принципы оценки запасов источников сводятся к следующему. Поскольку проблема соизмерения разновременных затрат на этом уровне анализа снижается (дисконтированная ставка рав-

на нулю), то функция «средних издержек»  $\lambda_i(t)$  принимает вид обычной себестоимости:  $c_i + \frac{k_i}{\theta}$ . Рентная оценка  $R_i(t)$ , задаваемая выражением (4.35), приобретает смысл дифференциальной ренты, исчисляемой на базе бортовой себестоимости, и показывает «полные» затраты замещения, которые «несло бы общество, обходясь без данного месторождения»<sup>7</sup>.

Проанализируем подробнее соотношение (4.36), связывающее между собой оптимальные оценки рассматриваемого и худшего по условиям года  $t$  источников:

$$\bar{u}_i = \bar{u}_{i(t)} + R_i(t).$$

В теории ренты величина рентного дохода собственника ресурса складывается из дифференциальной ренты, обусловленной различной продуктивностью затрат в разнокачественные источники ресурса, и абсолютной ренты, получаемой за счет монопольного частного владения источниками ресурса. В выражении (4.36) величина предельной экономии общественных затрат, вызываемой приростом запасов на оцениваемом месторождении, также состоит из двух слагаемых, одно из которых, а именно  $R_i(t)$  — дифференциальная рента, понимаемая как разница в издержках производства на замыкающем и оцениваемом месторождении, другое численно равно оптимальной оценке источника, замыкающего баланс добычи года  $t$ . Наличие этого второго слагаемого в величине оценки  $\bar{u}_i$  объяснялось выше.

Здесь, однако, вряд ли можно провести полную аналогию дополнительного слагаемого в первой части выражения (4.36) с абсолютной рентой, так как в условиях общественной собственности на средства производства и, следовательно, уничтожения монополии частной собственности на землю и другие природные ресурсы абсолютной ренты не существует. Скорее всего, такую структуру оценки можно объяснить исходя из того, что в число всевозможных ресурсов общества входит и время, рациональное использование которого является существенным резервом роста социалистической экономики. Одно из

проявлений времени как ресурса — возможность составления перспективных народнохозяйственных планов с позиции наилучшего распределения ресурсов и получаемых эффектов в пределах планового периода.

В рамках рассматриваемой задачи проявление времени как ресурса выражается в возможности широкого маневра в очередности ввода источников в разработку, в динамике отбора запасов и т. д. В свою очередь, возможность такого маневра в каждом данном году  $t$  сужает число относительно лучших по затратам источников, условиями эксплуатации которых можно было бы обеспечить прирост потребности этого года в ресурсе, поскольку важны не итоги отдельно взятого года, а результаты всего планового периода в целом. В этом смысле источник, замыкающий баланс добычи в году  $t$ , является лишь относительно худшим, именно потому его рентная оценка отлична от нуля и выражает предельную экономию затрат замещения в последующие годы планового периода, вызываемую малым приростом его запасов в году  $t$ . С позиций же года  $t$  величина оценки  $\bar{u}_{i(t)}$  имеет смысл «абсолютной ренты», поскольку она

определяется не различной продуктивностью затрат года  $t$  в разнокачественные источники ресурса (этим задается величина дифференциальной ренты  $R_i(t)$ ), а результатами эксплуатации источников в другие интервалы времени;

входит в величину полной ренты оценки  $\bar{u}_i$  всех месторождений, обеспечивающих прирост потребности в ресурсе в году  $t$  (выражение (4.36));

входит в оптимальную оценку ресурса в этом году.

Как видно из анализа двойственной задачи, оптимальная оценка ресурса в году  $t$  покрывает на замыкающем источнике прямые эксплуатационные расходы, «цепу проката» капитальных средств, задолженных в устройство этого источника, и рентную оценку  $\bar{u}_{i(t)}$ . Для любого месторождения, предшествующего источнику, замыкающему баланс добычи года  $t$ , этой ценой обеспечивается дифференциальный рентный доход  $R_i(t)$  сверх «абсолютной» ренты  $\bar{u}_{i(t)}$ .

Абсолютный характер рентной оценки  $\bar{u}_{i(t)}$ , безусловное, относительно. Он проявляется лишь в пределах данного временного интервала  $t$  и вне его теряет смысл. В другие отрезки планового периода замыкающее по условиям года  $t$  месторождение может стать относительно

<sup>7</sup> Именно этот принцип оценки запасов месторождения предлагается в некоторых работах по экономической оценке природных ресурсов. См., например: Володимонов Н. В. Горная рента и принципы оценки рудных месторождений. — М., 1958.



лучшим источником ресурса, и, следовательно, оценка его запасов  $\bar{u}_{i(t)}$  сама будет состоять из дифференциального рентного дохода и рентной оценки соответствующего замыкающего источника.

Появление временной ренты в полной рентной оценке локализованных в недрах запасов ресурса типично для ситуации, характеризующейся возрастающей во времени потребностью общества в ресурсе. В качестве обратного примера рассмотрим случай постоянной потребности.

В терминах исходной задачи (4.27)–(4.30) оптимальное решение можно описать следующим образом. В разработку включаются первые в возрастающем ряду средних удельных издержек месторождения, суммарные запасы которых позволяют выполнить плановое задание за рассматриваемый период. Мощности всех добывающих предприятий, эксплуатирующих включаемые в разработку источники, кроме, может быть, одного, задаются на уровне, позволяющем отработать извлекаемые запасы за директивный срок. Мощности замыкающего предприятия дополняют сложившийся баланс добычи до требуемого. Соответственно рентные оценки запасов  $\bar{u}_{i(t)}$  выражаются знанием

$$\bar{u}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T [(\hat{c}_{i_0} + Ek_{i_0}) - (\hat{c}_i + Ek_i)] \frac{1}{(1+E)^t},$$

где  $i_0$  — индекс замыкающего источника, и предстают средней капитализированной дифференциальной рентой.

Этот пример показывает, что одной из причин появления в рентной оценке  $\bar{u}_i$  «временной ренты» является движение общественного спроса на ресурс. Другим примером возникновения «временной абсолютной ренты» является случай падающей по мере отработки запасов продуктивности затрат, связанной с природно-геологическими характеристиками источников ресурса: истощение рудного тела, снижение пластового давления в нефтяных залежах, увеличение глубины горизонта выработки и т. д. В этом случае даже при условии стабильного спроса на ресурс возникает необходимость в отдельные интервалы времени производить дополнительные затраты для обеспечения плановой добычи ресурса. Формально анализ этой ситуации симметричен анализу ситуации с растущей потребностью в ресурсе, но со стабильными нормативами затрат.

Окончательно анализ рентных оценок запасов месторождений полезных ископаемых в каждом году  $t$  планового периода позволяет выделить во всей массе месторождений, обеспечивающих имеющуюся потребность общества в ресурсе, следующие три группы источников.

1. Худшие из вновь вводимых в году  $t$  участки. Приносимый условиями эксплуатации этих месторождений рентный доход общества  $\bar{u}_{i(t)}$  в общем случае отличен от нуля и представляет временную ренту.

2. Относительно лучшие из вновь вводимых в этом году источники. Обусловленный эксплуатацией этой группы месторождений годовой рентный доход общества включает помимо временной ренты и дифференциальную  $R_i(t)$ , понимаемую как разница капитализированных затрат замыкающего и оцениваемого месторождения.

3. Наконец, третью группу составляют месторождения, функционирующие в режиме, определенном условиями эксплуатации прошлых периодов. Полная рентная оценка таких месторождений превышает «нормальный» рентный доход, определяемый нормой временной ренты  $\bar{u}_i(t)$  и дифференциальной рентой  $R_i(t)$  (следствие свойств (4.31)–(4.34)), т. е.  $\bar{u}_i > \bar{u}_{i(t)} + R_i(t)$ .

Поскольку в год ввода такого источника в эксплуатацию ( $\tau$ ) полная рентная оценка его запасов определялась суммой абсолютной временной и дифференциальной ренты  $\bar{u}_i = \bar{u}_{i(\tau)} + R_i(\tau)$ , то дополнительный рентный доход общества сверх «нормального»  $P_i(t) = \bar{u}_i - \bar{u}_{i(t)} - R_i(t)$  обусловлен движением как абсолютной временной составляющей ренты  $\bar{u}_{i(t)}$ , так и собственно дифференциальной ренты  $R_i(t)$ . Подставляя в выражение для  $P_i(t)$  разложение полной рентной оценки  $\bar{u}_i$  в год ввода  $i$ -го источника в эксплуатацию  $\bar{u}_i = \bar{u}_{i(\tau)} + R_i(\tau)$ , приходим к выражению  $P_i(t) = \Delta\bar{u}_{i(t)} + \Delta R_i(t)$ , где  $\Delta\bar{u}_{i(t)} = \bar{u}_{i(\tau)} - \bar{u}_{i(t)}$  есть изменение нормы временной ренты,  $\Delta R_i(t) = R_i(\tau) - R_i(t)$  — изменение дифференциальной ренты.

Хотя в каждом конкретном случае колебания этих величин возможны в любую сторону, итог совместного их изменения  $P_i(t) = \bar{u}_i + R_i(\tau) - \bar{u}_{i(t)} - R_i(t) = \bar{u}_i - \bar{u}_{i(t)} - R_i(t)$  всегда неотрицателен. Это вполне понятно и в содержательном смысле. Величина  $\bar{u}_{i(t)} + R_i(t)$  выражает собой ту экономию общественных затрат, которая будет вызвана «лишней» единицей запасов, обнаруженной на  $i$ -м месторождении именно в году  $t$ . «Вытеснив» этой единицей соответствующую величину добычи на замыкаю-

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА ВЕЛИЧИНУ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

### § 1. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ПАРАМЕТРОВ НА УРОВЕНЬ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

щем месторождении с индексом  $i(t)$ , можно получить экономию «затрат замещения» на уровне рентной оценки  $R_i(t)$ , а затем, рационально использовав образовавшиеся «излишки запасов» на замыкающем месторождении, — дополнительную экономию затрат на уровне его оценки  $\bar{u}_{i(t)}$  — временную ренту. Так что величина  $\bar{u}_{i(t)} + R_i(t)$  выражает максимальную экономию общественных затрат при использовании «лишней» единицы запасов  $i$ -го источника в конкретном году  $t$ . В то же время величина полной рентной оценки запасов этого источника  $\bar{u}_i$  выражает максимальную предельную экономию общественных затрат безотносительно к природе отработки дополнительной единицы запасов. Понятно, что  $\bar{u}_i \geq \bar{u}_{i(t)} + R_i(t)$ .

Таким образом, для любого года  $t$  эксплуатации  $i$ -го месторождения величина полной рентной оценки его запасов может быть структурирована в следующем виде:

$$\bar{u}_i = R_i(t) + \bar{u}_{i(t)} + P_i(t). \quad (4.37)$$

В этом выражении первые два слагаемых отражают эффекты использования в году  $t$  дополнительных запасов  $i$ -го источника (предельной экономии общественных затрат) и представляют собственно дифференциальную ренту  $R_i(t)$  относительно худшего по условиям года  $t$  месторождения с индексом  $i(t)$  и временную ренту как экономию последующих «затрат замещения». Последнее слагаемое  $P_i(t)$  отражает эффект «обратной» связи, т. е. потери предельной экономии общественных затрат из-за нерационального использования «лишней» единицы запасов рассматриваемого месторождения.

Такое структурирование показателя рентной оценки  $\bar{u}_i$  является полезным во многих отношениях, например при планировании геолого-разведочных работ по уточнению запасов уже эксплуатируемых месторождений. Наличие в году  $t$  в составе полной рентной оценки (4.37) последнего слагаемого  $P_i(t)$  показывает, что хотя прирост запасов на доразведуемом месторождении в этом году безусловно выгоден и приносит предельный эффект (экономия «затрат замещения») на уровне  $R_i(t) + \bar{u}_{i(t)}$ , по этот эффект был бы большим, если бы этот же прирост запасов был подготовлен к году  $\tau$ , для которого потери предельной экономии минимальны, т. е.  $P_i(\tau) = 0$ . Тогда становится понятным, что собственно рентный доход, т. е. слагаемые  $R_i(t) + \bar{u}_{i(t)}$ , может оказаться и меньше величины полной рентной оценки  $\bar{u}_i$  запасов  $i$ -го источника.

Непосредственно используемый обществом ресурс одновременно обладает и реальной, и потенциальной ценностью. Реальная ценность обусловлена предъявленными потребностями общества в данном виде ресурса, а потенциальная — не выявленными его качествами. При прочих равных условиях научно-технический прогресс, обеспечивающий более полную и глубокую переработку данного ресурса, приводит к увеличению его реальной ценности. Реальная ценность ресурса повышается и с возрастанием потребности народного хозяйства в нем. Здесь следует отметить, что такая зависимость между уровнем ценности ресурса и потребностью в нем вызвана не только ограниченностью запасов. Даже при неограниченных (теоретически) запасах эта зависимость сохраняется из-за различий в условиях освоения отдельных частей запасов и источников.

Для анализа влияния потребности народного хозяйства в ресурсе на величину экономической оценки его источников обратимся к задаче, рассмотренной в § 1 гл. 4. Если потребность в ресурсе обеспечивается за счет первых  $i_0$  месторождений, где  $i_0 = \min_i \left\{ i : 1 \leq i \leq n : \sum_{e=1}^i Q_e \geq \Pi \right\}$ , то это означает, что месторождения с присвоенными им номерами  $i$ , большими  $i_0$ , не разрабатываются; все месторождения, предшествующие последнему из включенных в план, вырабатываются полностью (это следует из постановки задачи), а замыкающий программу источник — на уровне, обеспечивающем выполнение задания  $\Pi$ .

Для месторождения с номером  $i_0$  за объем вырабатываемого по плану запаса следует взять  $\Pi - \sum_{i=1}^{i_0-1} Q_i$  вместо  $Q_{i_0}$ .

Равномерная интенсивность разработки месторождений обуславливает однократность капиталовложений в разбуривание и обустройство каждого  $i$ -го месторождения. Эти вложения, осуществляемые в году  $\bar{t}_i$  в объеме

$\frac{k_i Q_i}{T - \bar{t}_i + 1}$  для  $i < i_0$  или  $\frac{k_i}{T - \bar{t}_i + 1} \left( \Pi - \sum_{i=1}^{i_0-1} Q_i \right)$  для  $i = i_0$ , используются в дальнейшем полностью и не нуждаются в увеличении. При анализе задачи, рассмотренной в гл. 4, определение оптимального срока начала разработки  $i$ -го источника  $\bar{t}_i$  основывалось на минимизации по  $t$  выражения

$$\lambda_i(t) = \frac{k_i q^{t-1} + c_i \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1}}{T - t + 1}. \quad (5.1)$$

Для дальнейшего анализа нам понадобятся оптимальные оценки планового задания

$$\bar{\omega} = \max_i \min_t \frac{k_i q^{t-1} + c_i \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1}}{T - t + 1} \quad (5.2)$$

и запасов источников

$$u_i = \bar{\omega} - \min_t \frac{k_i q^{t-1} + c_i \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1}}{T - t + 1}. \quad (5.3)$$

Если первоначальная потребность народного хозяйства в сырье обеспечивается полной выработкой запасов первых  $(i_0 - 1)$  месторождений и частичной — запасов  $i_0$ -го месторождения, то увеличение потребности в пределах остатков невырабатываемых запасов  $i_0$ -го источника  $\bar{Q}_{i_0}$  или уменьшение ее в пределах выработанных запасов  $i_0$ -го источника  $\underline{Q}_{i_0}$  в условиях задачи (4.1) — (4.4) не приводит к изменению оценок источников. Действительно, так как отмеченные изменения планового задания не приводят к изменению состава обеспечивающих его источников, то «закрывающим» остается источник под номером  $i_0$ , что говорит об устойчивости оптимальных двойственных оценок  $\bar{\omega}$  и  $\bar{u}_i$ , определяемых значениями (5.2) и (5.3), и, следовательно, об устойчивости экономических оценок  $\bar{u}_i$  источников.

Теперь рассмотрим случаи изменения планового задания, приводящие к изменению состава обеспечивающих его источников. Пусть за период  $T$  требуется добыть на  $\Delta\Pi$  единиц больше, чем первоначальный объем  $\Pi$ . При этом предположим, что  $\Delta\Pi$  превышает объем недовыработанных запасов  $Q_{i_0}$  источника  $i_0$  (закрывающего) и меньше, чем  $\bar{Q}_{i_0} + Q_{i_0+1}$ . То есть для выполнения планового задания в объеме  $\Pi + \Delta\Pi$  потребуется состав уже включенных в план источников дополнить введением в него  $(i_0 + 1)$ -го источника, следующего за  $i_0$ -м в ранжированном по увеличению соответствующих показателей  $\lambda_i(\bar{t}_i)$  ряду. В этом случае в качестве замыкающего выступит  $(i_0 + 1)$ -й источник, т. е.  $\max_i \lambda_i(\bar{t}_i) = \lambda_{i_0+1}(\bar{t}_{i_0+1})$ ,

что означает возрастание оценки планового задания  $\bar{\omega}$ . В соответствии с увеличением замыкающих затрат на обеспечение потребности народного хозяйства в данном виде сырья возрастут и оценки источников на величину  $\lambda_{i_0+1}(\bar{t}_{i_0+1}) - \lambda_{i_0}(\bar{t}_{i_0})$ . Этот результат совпадает с классическим объяснением изменения рентной оценки при включении в разработку относительно худших, но необходимых для удовлетворения общественной потребности источников природных ресурсов. Таким образом, увеличение потребности народного хозяйства в данном виде сырья приводит к тому, что экономическая оценка вовлеченных в разработку источников не уменьшается.

Рассмотрим теперь второе направление изменения планового задания, т. е. его уменьшение. Пусть за тот же период  $T$  требуется добыть сырья на  $\Delta\Pi$  единиц меньше, чем первоначальный объем  $\Pi$ . При этом предположим, что  $\underline{Q}_{i_0} < \Delta\Pi < Q_{i_0} + Q_{i_0-1}$ , где  $Q_{i_0-1}$  — запасы месторождения, предшествующего источнику под номером  $i_0$  в ранжированном по возрастанию соответствующих величин  $\lambda_i(\bar{t}_i)$  ряду. В таком случае в качестве «закрывающего» выступит  $(i_0 - 1)$ -й источник, вследствие чего уменьшится оценка планового задания  $\bar{\omega}$ , что и приведет к уменьшению оценок источников  $\bar{u}_i$  на величину  $\lambda_{i_0}(\bar{t}_{i_0}) - \lambda_{i_0-1}(\bar{t}_{i_0-1})$ . Последнее означает, что уменьшение потребности народного хозяйства в данном виде сырья приводит к уменьшению оценок разрабатываемых его источников.

Аналогично можно рассмотреть случаи, когда увеличение (уменьшение) планового задания приводит к вклю-



чению (исключению) в разработку не одного, а нескольких источников, вошедших в план, а также к увеличению (уменьшению) их экономических оценок. Следует заметить, что количество источников, вошедших в план для обеспечения фиксированной потребности, а также число вновь включенных (исключенных) в него источников из-за увеличения (уменьшения) потребности зависят еще и от изменения самих запасов. Последнее говорит о том, что в общем случае на величину экономических оценок источников природных ресурсов влияют не только затратные показатели освоения единицы ресурса, как кажется на первый взгляд из выражений (5.2) и (5.3), но и потребность народного хозяйства в ресурсах, а также запасы.

В рамках задачи (4.1)–(4.4) это можно интерпретировать как влияние изменения среднегодовой потребности  $\Pi/T$  на уровень оценок. Поэтому представляет интерес рассмотреть влияние на величину оценок источников ресурсов продолжительности планового периода  $T$  при неизменной потребности. Будем при этом исходить из некоторых основных свойств решений исходной и двойственной к ней задач, а именно: конец отработки запасов источников, вошедших в план, приурочивается к концу планового периода, а оптимальное начало выработки определяется на основе минимизации по  $t$  соответствующего показателя  $\lambda_i(t)$ .

Рассмотрим несколько основных вариантов изменения продолжительности планового периода  $T$  и соответствующие изменения оценок источников. Пусть требуется добыть тот же объем сырья  $\Pi$ , что и в исходном случае, не к моменту времени  $T$ , а к  $T+1$ . Тогда состав источников, обеспечивающих потребный объем добычи сырья, останется неизменным. Функция при  $\lambda_i(t)$  при новой продолжительности планового периода примет вид

$$\lambda_i^{T+1}(t) = \frac{k_i q^{t-1} + c_i \sum_{\tau=t}^{T+1} q^{\tau-1}}{T-t+2}$$

или

$$\lambda_i^{T+1}(t) = q \frac{k_i q^{t-2} + c_i \sum_{\tau=t-1}^T q^{\tau-1}}{T-t+2} = q \lambda_i^T(t-1). \quad (5.4)$$

Полученное выражение показывает, что если изменение продолжительности планового периода не приводит к изменению оптимальных сроков отработки источников, вошедших в план, то из-за свойства решения задачи (4.1)–(4.4) (окончание выработки источников к концу планового периода) оптимальные начала «отодвинутся» на один год позже, т. е. если  $\min_t \lambda_i^T(t) = \lambda_i^T(\bar{t}_i)$ , то  $\min_t \lambda_i^{T+1}(t) = \lambda_i^{T+1}(\bar{t}_i + 1)$  и  $\lambda_i^{T+1}(\bar{t}_i + 1) = q \lambda_i^T(\bar{t}_i)$ . Отсюда на основе (5.2) и (5.3) получается, что как оценка планового задания, так и рентные оценки источников, вошедших в план, уменьшаются в  $q$  раз. Смысл снижения оценок состоит, по-видимому, в следующем. Так как среднегодовая потребность вследствие увеличения продолжительности планового периода при неизменной потребности в целом за период уменьшается, то средние затраты на добычу дополнительной единицы сырья и рентная оценка, образующаяся на каждом источнике, как бы «обесцениваются».

Однако в рассматриваемом случае возможно увеличение оптимальных сроков выработки одного или нескольких источников, вошедших в план. Тогда, в чем легко убедиться, соответствующие оценки уменьшатся больше чем в  $q$  раз.

Увеличение же продолжительности планового периода больше чем на один год, например на  $p$  лет, приведет к уменьшению оценок источников в  $q^p$  раз. Это следует из выражения

$$\lambda_i^{T+p}(t) = q^p \frac{k_i q^{t-p-1} + c_i \sum_{\tau=t-p}^T q^{\tau}}{T-t+p+1} = q^p \lambda_i^T(t-p). \quad (5.5)$$

Что касается случая, когда данное увеличение приводит к возрастанию оптимальных сроков выработки источников, то тогда оценки соответствующих источников уменьшаются больше чем в  $q^p$  раз.

Далее рассмотрим ситуацию с уменьшающейся продолжительностью планового периода. Если уменьшение составляет всего один год, то с учетом выражения (5.4) имеем

$$\lambda_i^T(t+1) = \lambda_i^{T-1}(t) q. \quad (5.6)$$

Предполагая, что такое уменьшение продолжительности планового периода не «затрагивает» оптимальные сроки выработки источников (а это возможно, если начало

выработки ни одного из вошедших в план (исходный) источников не совпадает с началом планового периода), на основе (5.6) можно заключить, что оценка планового задания  $\bar{\omega}$  увеличится в  $1/q$  раз и, следовательно, во столько же раз возрастет и оценка запасов источников. Это говорит о том, что если мы директивно «заставим» тот же объем ресурсов  $\Pi$  добыть за меньший срок, то суммарные затраты на добычу дополнительной единицы ресурса и оценки источников, обеспечивающих заданный объем добычи, возрастут в  $1/q$  раз при уменьшении этого срока на один год. При уменьшении продолжительности планового периода на  $p$  лет с условием не «затрагивать» оптимальные сроки выработки оценки источников возрастут в  $1/q^p$  раз, в чем нетрудно убедиться, используя выражение (5.5).

При уменьшении продолжительности планового периода, как и при ее увеличении, возможно изменение оптимальных сроков отработки одного или нескольких источников, например если  $p > T - \bar{\theta}_i$  для  $i = i'$ , где  $\bar{\theta}_i$  — срок выработки  $i$ -го источника в оптимальном плане задачи (4.1)–(4.4) с плановым периодом  $T$ . Используя свойство выпуклости вниз функции  $\lambda_i(t)$  и выражения (5.2) и (5.3), можно убедиться в том, что оценка запасов  $i'$ -го источника возрастает на большую величину, чем оценки всех других месторождений, у которых сроки выработки остались неизменными. Этот вывод вполне понятен:  $i'$ -й источник обрабатывается интенсивнее, чем в исходном варианте, и в более короткий срок. Именно поэтому на нем образуется большая рентная оценка, чем на других источниках, так как сроки их выработки остаются неизменными.

Таким образом, формальный анализ задачи (4.1)–(4.4) позволил определить меру влияния изменений потребности народного хозяйства в данном виде ресурса и продолжительности планового периода на уровень экономических оценок источников рассматриваемого ресурса. Однако упрощенность постановки, а именно задание потребности в целом за плановый период не позволяет отразить реальную действительность достаточно полно.

В целях адаптации к реальной действительности усложним постановку задачи (4.1)–(4.4) введением в модель потребности по годам планового периода и проверим соблюдение сделанных выше выводов о влиянии измене-

ния потребности на уровень оценок источников, полученных при решении исходной задачи.

Обозначим через  $\Pi_t$  потребность народного хозяйства в году  $t$ . Видоизмененная задача заключается в минимизации функционала

$$v(x, y) = \sum_{t=1}^T q^{t-1} \sum_{i=1}^n (c_i x_i^t + y_i^t) \quad (5.7)$$

при условиях:

$$\sum_{i=1}^n x_i^t \geq \Pi^t \quad (t = \overline{1, T}); \quad (5.8)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^t \leq Q_i \quad (i = \overline{1, n}); \quad (5.9)$$

$$\sum_{\tau=1}^t y_i^\tau - k_i x_i^t \geq 0 \quad (i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}); \quad (5.10)$$

$$x_i^t \geq 0; \quad y_i^t \geq 0. \quad (5.11)$$

Построим задачу, двойственную к (5.7)–(5.11). Ее функционал имеет вид

$$\psi(\omega, v, u) = \sum_{t=1}^T \omega_t \Pi_t - \sum_{i=1}^n u_i Q_i \rightarrow \max \quad (5.12)$$

при условиях:

$$\omega_t - u_i - v_i^t k_i \leq c_i q^{t-1} \quad (i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}); \quad (5.13)$$

$$\sum_{\tau=t}^T v_i^\tau \leq q^{t-1} \quad (i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}); \quad (5.14)$$

$$\omega_t \geq 0, \quad u_i \geq 0, \quad v_i^t \geq 0, \quad (5.15)$$

В задаче (4.1)–(4.4) двойственная оценка производственного задания  $\omega$  рассматривалась в качестве общественно необходимых затрат на добычу единицы сырья в среднем за период. В задаче (5.7)–(5.11) двойственную оценку ограничения по обеспечению потребности  $t$ -го года можно рассматривать как общественно необходимые затраты на обеспечение потребности данного года. Что касается двойственных оценок запасов источников  $u_i$ , то они, отражая эффект от отработки единицы запаса соответствующего источника, имеют более сложную структуру.

Изменение оценок источников в зависимости от изменения потребности в ресурсе по годам планового периода

№ месторождения	Варианты оценки			№ месторождения	Варианты оценки		
	1	2	3		1	2	3
1	4,52	7,68	7,76	22	1,81	4,92	4,96
2	4,20	7,36	7,41	23	1,57	4,71	4,76
3	4,08	7,27	7,35	24	1,41	4,54	4,58
4	4,14	7,30	7,35	25	1,42	4,57	4,61
5	3,90	7,13	7,21	26	1,25	4,39	4,44
6	3,84	7,00	7,08	27	1,18	4,33	4,37
7	3,67	6,92	7,00	28	0,95	4,04	4,08
8	3,49	6,62	6,73	29	0,63	3,75	3,77
9	3,50	6,66	6,71	30	0,62	3,74	3,78
10	3,27	6,46	6,53	31	0,38	3,51	3,56
11	2,95	6,11	6,16	32	0,00	3,11	3,15
12	2,77	5,95	6,01	33		2,96	3,00
13	2,88	6,04	6,09	34		2,75	2,77
14	2,62	5,84	5,92	35		2,83	2,85
15	2,61	5,83	5,91	36		2,41	2,43
16	2,57	5,75	5,79	37		2,08	2,10
17	2,37	5,52	5,57	38		2,02	2,04
18	2,38	5,54	5,59	39		0,84	0,61
19	2,23	5,39	5,43	40		0,56	0,58
20	2,15	5,31	5,36	41		0,03	0,03
21	1,96	5,10	5,14	42		0,00	0,00

Если план разработки месторождения  $i_0$  предусматривает полную отработку извлекаемых запасов, то увеличение интенсивности разработки в году  $t$  влечет за собой сокращение добычи хотя бы в одном году  $\tau$ ,  $\tau > t$ . Дисбаланс между заданием и добычей в году  $\tau$  может быть устранен лишь увеличением добычи на некотором месторождении  $i$ . Если на этом месторождении в оптимальном плане также предусматривается полная отработка запасов, то такое увеличение нормы отбора запаса в году  $\tau_1$  приводит к снижению добычи в году  $\tau_1 > \tau$  на следующем по затратам месторождении и т. д., пока не дойдем до замыкающего месторождения. Новый дисбаланс между заданием и добычей в году  $\tau_1$  должен быть покрыт увеличением добычи в этом году на следующем по затратам месторождении и т. д., пока не дойдем до замыкающего месторождения. Отсюда следует, что оценки  $\bar{y}_i$  представляют собой комбинацию «затрат замещения» в течение ряда лет.

Отметим, что небольшое на первый взгляд усложнение задачи значительно затруднило проведение ее формального анализа. Поэтому целесообразно было бы обратиться к экспериментальным расчетам.

Задача решалась в трех вариантах для 42 месторождений минерального сырья с плановым периодом в 15 лет. Варианты различались годовыми траекториями планового задания по добыче, т. е. каждый последующий вариант отличался от предыдущего повышенной потребностью в каждом году планового периода.

Результаты расчетов; во-первых, показали сохранение зависимости экономических оценок от величины заданной потребности (т. е. прослеживается их возрастание с увеличением потребности — см. табл. 5.1); во-вторых, обнаружили сложность формирования самой экономической оценки источника минерального сырья. Если в задаче оптимизации разработки группы месторождений с заданием плана по добыче в целом на весь плановый период на экономическую оценку месторождения влиял один фактор — величина суммарных приведенных затрат на его освоение и разработку, то в задаче оптимизации разработки месторождений с заданной траекторией добычи их экономическая оценка зависит от нескольких факторов: соотношений в каждом году планового периода затрат на обустройство и эксплуатацию месторождений, разрабатываемых в данном году, величины потребности

народного хозяйства в минеральном сырье и запасов каждого месторождения.

Для примера сравним оптимальные планы первого года для 2-го и 3-го вариантов. Отметим следующие изменения в 3-м варианте плана по сравнению со 2-м. Для удовлетворения возросшего планового задания первого года увеличивалась добыча на месторождении 29, которое было замыкающим по условиям первого года во 2-м варианте, и, кроме того, к разработке подключались месторождения 13, 33 и 39. Наряду с этим разработка месторождений 26 и 13 с первого года (2-й вариант) отодвинулась на одиннадцатый и двенадцатый годы (3-й вариант) планового периода соответственно. Таким образом, добыча возрастает на месторождении 29, а не 13 или 26, хотя суммарные затраты на разработку и эксплуатацию на нем выше, чем на месторождениях 13 и 26. Этот факт объясняется, вероятно, тем, что отнесение разработки месторождения 13 на конец планового периода из-за свойств функции  $\lambda_i(t)$  привело бы к большему возрастанию затрат в последние годы планового периода. Иначе говоря,



затраты в первые годы планового периода из-за вовлечения в разработку более худших по величине  $\lambda_i(t)$  в эти годы месторождений увеличиваются меньше, чем в случае, если бы эти месторождения разрабатывались в конце планового периода.

Далее, из анализа оптимального плана 2-го варианта следует, что в первые годы планового периода в разработку включаются месторождения с достаточно большими запасами сырья, причем почти сразу же они выводятся на постоянный уровень разработки. Последнее обеспечивает постоянный и достаточно высокий уровень выполнения задания, а прирост траектории плана год от года «добирается» включением в разработку более мелких по запасам месторождений.

Другими словами, важная роль, которую играет величина запасов, обуславливается постановкой задачи, точнее, уравнением вида

$$\sum_{i=1}^t y_i^t - k_i x_i^t \geq 0, \text{ т. е. характером}$$

использования капиталовложений. Именно условие однократности капитальных затрат и их использования в течение всего периода отработки приводит к тому, что величина запасов оказывает сильное влияние на определение плана разработки месторождений. Кроме того, хотя плановое задание в 3-м варианте возросло на величину, находящуюся в пределах запасов замыкающего месторождения, однако это привело к существенным изменениям в планах разработки месторождений и в двойственных оценках.

Анализ результатов расчетов приводит к следующему выводу: формирование экономической оценки источника минерального сырья в задаче с учетом меняющейся потребности в этом сырье не укладывается в рамки статической теории дифференциальной ренты. Действительно, экономические оценки месторождений при разных постановках задачи — с заданием плана по добыче в целом на весь период и с известной траекторией добычи — формируются по-разному. В первой постановке ценность месторождений была абсолютной, т. е. одинаковой в каждый год планового периода, и определялась затратными показателями замыкающего источника. В усложненной постановке задачи экономическая оценка источника не может быть определена подобным образом. «Ценность» месторождения здесь относительна, т. е. меняется из года в год, так как в каждом году имеется свое замыкающее

месторождение, которым «добирается» возрастание плана по добыче, и оно никогда не совпадает с замыкающим месторождением по группе источников, разработанных за плановый период в целом. Кроме того, меняется и относительная ценность месторождений в каждом году планового периода во 2-м варианте по сравнению с 1-м. В частности, меняются замыкающие месторождения каждого года, что, вероятно, прямо связано с возрастающей по годам потребностью.

Таким образом, анализ задачи с учетом меняющихся потребностей общества в минеральном сырье во времени позволяет констатировать, что ценность источника природного ресурса в основном определяется предъявленной потребностью народного хозяйства в данном ресурсе на конкретный планируемый период, которая, в свою очередь, непосредственно зависит от оценки его запасов в рассматриваемом источнике.

## § 2. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ВЕЛИЧИНУ ИХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ

Исследуя некоторые свойства экономической оценки природных ресурсов в рамках задачи (4.1)—(4.4), мы опустили такой существенный фактор, как местоположение источников природного ресурса. Между тем их пространственное расположение относительно потребителей данного вида ресурса играет большую роль при определении экономической оценки этих источников. Так, например, с учетом того, что стоимость добычи 1 т нефти в Западной Сибири значительно меньше, чем в Азербайджане, оценка месторождений западно-сибирской нефти намного выше, чем азербайджанской. Однако с точки зрения обеспечения потребности Закавказья в нефти сибирская нефть с учетом транспортных затрат окажется менее ценной по сравнению с азербайджанской.

Чтобы установить меру влияния фактора местоположения источника природного ресурса на его экономическую оценку и проверить соблюдение выявленных ранее ее свойств, введем в рассмотренную выше модель (4.1)—(4.4) транспортный фактор.

В новой постановке задача заключается в оптимизации режима разработки группы источников минерального сырья и распределения добытого сырья между потреби-

телями. В формализованном виде она состоит в минимизации общей суммы приведенных затрат на эксплуатацию бурения, обустройство всех рассматриваемых месторождений и транспортировки

$$F(x, y, z) = \sum_{t=1}^T q^{t-1} \sum_{i=1}^n \left( c_i x_i^t + y_i^t + \sum_{l=1}^L a_{il} z_{il}^t \right) \quad (5.16)$$

при ограничениях:

$$\sum_{t=1}^T x_i^t \leq Q_i \quad (i = \overline{1, n}); \quad (5.17)$$

$$\sum_{t=1}^t y_i^t - k_i x_i^t \geq 0 \quad (i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}); \quad (5.18)$$

$$\sum_{t=1}^L z_{il}^t \leq x_i^t \quad (i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}); \quad (5.19)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T z_{il}^t \geq B_l \quad (l = \overline{1, L}), \quad (5.20)$$

где  $L$  — количество потребителей;  $l$  — индекс потребителя;  $l = 1, \dots, L$ ;  $B_l$  — объем потребности  $l$ -го потребителя в целом за весь плановый период;  $z_{il}^t$  — объем перевозки сырья из  $i$ -го источника  $l$ -му потребителю в году  $t$ .

Для анализа решения задачи (5.16)–(5.20) рассмотрим двойственную к ней задачу, обозначив двойственные оценки ограничений (5.17)–(5.20) соответственно через  $u_i, v_i^t, \beta_i^t, w_l$ .

Двойственную задачу можно сформулировать следующим образом:

найти такие неотрицательные значения  $u_i, v_i^t, \beta_i^t, w_l$ , при которых максимизируется функционал

$$\Phi(v, u, \beta, \omega) = \sum_{l=1}^L w_l B_l - \sum_{i=1}^n v_i Q_i$$

и выполняются ограничения:

$$\beta_i^t - k_i v_i^t - u_i \leq q^{t-1} c_i \quad (i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}); \quad (5.21)$$

$$\sum_{t=t}^T v_i^t \leq q^{t-1} \quad (i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T});$$

$$w_l - \beta_i^t \leq q^{t-1} a_{il} \quad (i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}; l = \overline{1, L}).$$

Отметим прежде всего, что задача (5.15)–(5.19) имеет решение. Наличие хотя бы одного допустимого решения достаточно для существования оптимального. Таким решением является

$$x_i^t = \frac{Q_i}{T}; y_i^t = k_i \frac{Q_i}{T}; y_i^2 = y_i^3 = \dots = y_i^T = 0.$$

Что касается допустимых значений  $z_{il}^t$ , то с учетом предположения  $\sum_i Q_i \geq \sum_l$  их наличие очевидно. Полагая в качестве оптимальных планов задач (5.16)–(5.20) и (5.21) соответственно  $\{\bar{x}_i^t; \bar{y}_i^t; \bar{z}_{il}^t\}$  и  $\{\bar{u}_i; \bar{v}_i^t; \bar{\beta}_i^t; \bar{w}_l\}$  и исходя из двойственных соотношений, можно получить выражение

$$Q_i \bar{u}_i = \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L \bar{w}_l z_{il}^t - \left( c_i \sum_{t=1}^T q^{t-1} \bar{x}_i^t + \sum_{t=1}^T q^{t-1} \bar{y}_i^t + \sum_{i=1}^T \sum_{l=1}^L q^{t-1} a_{il} \bar{z}_{il}^t \right), \quad (5.22)$$

отражающее баланс между валовым доходом и расходами при полном освоении запасов  $i$ -го источника. То есть рентная оценка всего запаса обуславливается как природными условиями его освоения, так и местоположением.

Отдельные элементы выражения (5.22) могут быть интерпретированы следующим образом: если  $\bar{w}_l$  рассматривать как цену единицы сырья, доставленной к  $l$ -му потребителю, то величина  $\sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L \bar{w}_l z_{il}^t$  предстает как валовой

доход от использования сырья, добытого на  $i$ -м месторождении  $l$ -м потребителем за весь плановый период. Из него вычитаются суммарные эксплуатационные

$\left( c_i \sum_{t=1}^T q^{t-1} \bar{x}_i^t \right)$ , капитальные  $\left( \sum_{t=1}^T q^{t-1} \bar{y}_i^t \right)$  и транспортные  $\left( \sum_t \sum_l q^{t-1} a_{il} \bar{z}_{il}^t \right)$  расходы. Аналогично можно интерпретировать то же выражение, если вместо  $\sum_{t=1}^T q^{t-1} \bar{y}_i^t$  будет

$k_i \sum_{i=1}^T \bar{v}_i^t \bar{x}_i^t$ , которую можно рассматривать как величину, компенсирующую израсходованные средства производства

(сумму амортизационных отчислений), а  $v_i^t$  — как нормы амортизации, дифференцированные по годам.

Таким образом, суммарная величина капиталовложений, «задолженных» в обустройство  $i$ -го источника, полностью возмещается долей продукции, пропорциональной оценкам  $\bar{v}_i^t$  (нормам амортизации).

Левая часть равенства (5.22) представляет собой вычет из валового дохода всей величины валовых издержек, который может быть интерпретирован как рентная оценка  $i$ -го источника, а  $\bar{u}_i$  — норма ренты, рассчитанная на единицу запаса. Рассматривая величину  $Q_i \bar{u}_i$ , как ренту от выработки запасов  $i$ -го источника, можно отметить, что ее дифференциация по источникам связана с различием текущих капитальных затрат на добычу единицы сырья и с местоположением источников (т. е. с различием затрат на транспортировку добытого сырья). Если считать оценку  $\bar{w}_i$  ценой единицы сырья у  $l$ -го потребителя, то  $\bar{\beta}_i^t$  предстанет как цена единицы сырья, добытого на  $i$ -м источнике в году  $t$ . Действительно, при оптимальном  $\bar{z}_{il}^t > 0$  значение  $\bar{\beta}_i^t$  равняется  $\bar{w}_i$  за вычетом транспортной составляющей.

Для анализа структуры оценок задачи (5.16)–(5.20) рассмотрим взаимосвязь ограничений задачи (5.20), двойственной к исходной. В этом случае, как и при анализе задачи (4.1)–(4.4), особую роль играет показатель  $\Lambda_{il}(t)$ , сходный с показателем  $\lambda_i(t)$ .

В оптимальном плане задачи (5.21) оценки запасов источников определяются по формуле

$$\bar{u}_i = \bar{w}_i - \bar{\Lambda}_{il}(\bar{t}_{il}),$$

$$\text{где } \Lambda_{il}(t) = \frac{k_i q^{t-1} + c_i \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1} + a_{il} \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1}}{T-t+1}, \quad (5.23)$$

а  $\bar{t}_{il}$  находятся из условия

$$\bar{\Lambda}_{il}(\bar{t}_{il}) = \min_t \frac{k_i q^{t-1} + c_i \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1} + a_{il} \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1}}{T-t+1}, \quad (5.24)$$

характеризующего средние затраты на добычу единицы сырья на  $i$ -м источнике и транспортировку ее до  $l$ -го потребителя за период  $T - \bar{t}_{il} + 1$ .

В классической интерпретации оценка  $\bar{u}_i$  показывает максимальную экономию затрат производственной системы в случае обнаружения «лишней» единицы запасов на  $i$ -м месторождении или меру «ущерба» при отказе от дальнейшей доразведки запасов  $i$ -го источника. Другими словами, оценка  $\bar{u}_i$  является «ценой» дополнительно разведенной единицы запаса  $i$ -го месторождения в недрах. Она отражает тот эффект, который может быть получен в результате добычи этой единицы запаса и доставки ее потребителю.

Для интерпретации двойственных оценок  $\bar{\beta}_i^t$  рассмотрим соответствующее ограничение прямой задачи (5.1)–(5.5). Здесь переменная  $x_i^t$  выступает в качестве условного «ресурса» транспортного блока. Тогда двойственная оценка ограничения (5.19)  $\bar{\beta}_i^t$  в ее классической интерпретации будет показывать, с одной стороны, максимальную предельную экономию суммарных производственно-транспортных затрат при увеличении этого условного «ресурса» на единицу, т. е. при извлечении «лишней» единицы запасов на данном месторождении в году  $t$ . С другой стороны, она характеризует меру «ущерба» производственной системы в случае снижения годового объема добычи на  $i$ -м месторождении на условную единицу. Отмеченные обстоятельства позволяют считать двойственную оценку  $\bar{\beta}_i^t$  условной «ценой» дополнительно извлеченной единицы сырья на  $i$ -м месторождении в году  $t$ . Просуммировав первое ограничение задачи (5.21) по  $\tau = t, T$  и учитывая двойственные соотношения, после ряда преобразований получим

$$\sum_{\tau=t}^T \bar{\beta}_i^{\tau} = \lambda_i(t) + \frac{a_{il} \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1} - a_{il} \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1}}{T-t+1}. \quad (5.25)$$

Другими словами, средневзвешенная «цена» дополнительно добытой единицы сырья на  $i$ -м месторождении в году  $t$  должна покрывать «закрывающие» затраты на ее добычу и транспортировку до потребителя.

В задаче (5.16)–(5.20) объемы потребностей в сырье у потребителей предполагались заданными в целом за плановый период. Сохраняя те же обозначения, рассмотрим эту задачу, усложнив ее постановку лишь предположением наличия потребных объемов сырья по годам планового периода у потребителей.



Минимизируется функционал

$$F(x, y, z) = \sum_{t=1}^n q^{t-1} \left( \sum_{i=1}^n (c_i x_i^t + y_i^t + \sum_{l=1}^L a_{il} z_{il}^t) \right) \quad (5.26)$$

при ограничениях:

$$\sum_t x_i^t \leq Q_i \quad (i = \overline{1, n}); \quad (5.27)$$

$$\sum_{\tau=1}^t y_i^\tau - k_i x_i^t \geq 0 \quad (i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}); \quad (5.28)$$

$$\sum_{l=1}^L z_{il}^t \leq x_i^t \quad (i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}); \quad (5.29)$$

$$\sum_{l=1}^n z_{il}^t \geq B_l^t \quad (t = \overline{1, T}; l = \overline{1, L}), \quad (5.30)$$

где  $B_l^t$  — потребность  $l$ -го потребителя в году  $t$ . При этом предполагается, что соблюдается условие

$$B_1^1 < B_1^2 < \dots < B_1^T.$$

Запишем двойственную задачу:

$$\Phi(v, u, \beta, w) = \sum_t \sum_l w_l B_l^t - \sum_i u_i Q_i \rightarrow \max;$$

$$\beta_i^t - u_i - k_i v_i^t \leq c_i q^{t-1};$$

$$\sum_{\tau=1}^T v_i^\tau \leq q^{t-1}; \quad (5.31)$$

$$w_l^t - \beta_l^t \leq q^{t-1} a_{il};$$

$$u_i \geq 0; \quad v_i^t \geq 0; \quad w_l^t \geq 0; \quad \beta_l^t \geq 0.$$

На основе теории двойственности для этой пары задач, как и для (5.16)–(5.20) и (5.21), можно получить выражение, аналогичное (5.22),

$$\begin{aligned} \sum_t \sum_l \bar{w}_l^t z_{il}^t - \left( \sum_t \sum_l q^{t-1} a_{il} \bar{z}_{il}^t + \sum_t q^{t-1} \bar{y}_i^t + \right. \\ \left. + c_i \sum_t q^{t-1} \bar{x}_i^t \right) = u_i Q_i. \end{aligned} \quad (5.32)$$

Последнее позволяет судить о том, что оптимальные двойственные оценки ограничений по запасам источников в задаче (5.26)–(5.30) также имеют рентную природу.

Далее рассмотрим структуру двойственных оценок задачи (5.26)–(5.30). Для этого обозначим через  $P_i^t$  множество потребителей, использующих сырье  $i$ -го источника в году  $t$ , а через  $I_l^t$  — множество источников, поставляющих в году  $t$  сырье  $l$ -му потребителю.

При этих обозначениях и на основе теории двойственности для каждого  $i$ -го источника, вошедшего в план, имеют место следующие соотношения:

$$\bar{w}_l - \bar{\beta}_i^t = a_{il} q^{t-1} \quad \text{при } l \in P_i^t, t \geq \bar{t}_i; \quad (5.33)$$

$$\bar{\beta}_i^t - \bar{u}_i = k_i v_i^t + c_i q^{t-1} \quad \text{для } t \geq \bar{t}_i; \quad (5.34)$$

$$\sum_{\tau=t}^T v_i^\tau = q^{t-1} \quad \text{для } t = \bar{t}_i, \quad (5.35)$$

а для каждого  $l$ -го потребителя — соотношения:

$$\bar{w}_l - \bar{\beta}_i^t = a_{il} q^{t-1} \quad \text{при } i \in I_l^t, t \geq \bar{t}_i; \quad (5.36)$$

$$\bar{\beta}_i^t - \bar{u}_i = k_i v_i^t + c_i q^{t-1} \quad \text{при } i \in I_l^t, t \geq \bar{t}_i; \quad (5.37)$$

$$\sum_{\tau=t}^T v_i^\tau = q^{t-1} \quad \text{для } i \in I_l^t, t = \bar{t}_i, \quad (5.38)$$

где  $\bar{w}_l, \bar{\beta}_i^t, \bar{v}_i^t, \bar{u}_i$  — оптимальные двойственные оценки;  $\bar{t}_i$  — оптимальное начало разработки  $i$ -го источника.

Из условий (5.33)–(5.35) можно получить следующее выражение:

$$\bar{w}_l - \bar{u}_i = k_i v_i^t + c_i q^{t-1} + a_{il} q^{t-1} \quad \text{при } l \in P_i^t, t \geq \bar{t}_i.$$

Суммируя его сначала по  $l \in P_i^t$ , а затем по  $t = \bar{t}_i, \dots, T$ , после некоторых несложных преобразований получим

$$\bar{u}_i = \frac{\sum_{\tau=\bar{t}_i}^T \frac{\sum_{l \in P_i^\tau} (\bar{w}_l - a_{il} q^{\tau-1})}{P_i^\tau}}{T - \bar{t}_i + 1} - \frac{k_i q^{\bar{t}_i} + c_i \sum_{\tau=1}^T q^{\tau-1}}{T - \bar{t}_i + 1}$$

или

$$\bar{u}_i = \frac{\sum_{\tau=\bar{t}_i}^T \frac{\sum_{l \in P_i^\tau} (\bar{w}_l - a_{il} q^{\tau-1})}{P_i^\tau}}{T - \bar{t}_i + 1} - \lambda_i(\bar{t}_i), \quad (5.39)$$

## Оценки источников

№ источника	Варианты постановки задачи			
	$\sum_i \sum_t x_i^t \geq \Pi$	$\sum_i x_i^t \geq \Pi^t$	$\sum_{i,l} z_{il}^t \geq B_l$ $\sum_t z_{il}^t < x_i^t$	$\sum_i z_{il}^t \geq B_i^t$ $\sum_t z_{il}^t < x_i^t$
1	10,67	10,7	6,84	2,63
2	11,89	12,46	22,44	18,93
3	9,84	9,82	32,87	33,44
4	9,86	9,84	26,77	29,92
5	10,27	10,25	19,17	18,48
6	7,42	7,2	8,83	7,41
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0

результаты получены при условии

$$\Pi = \sum_t \Pi^t = \sum_l B_l = \sum_l \sum_t B_l^t.$$

Как видно из таблицы, ранжировка источников по величине экономических оценок в первых двух постановках (без транспортного фактора) одинакова. Но при учете транспортных затрат на перевозку добытого сырья от источников к потребителям она меняется. Способ задания потребностей — в целом за весь плановый период или по годам планового периода — на ранжировку источников не влияет.

Изменение оценок источников при учете транспортного фактора могло привести к изменению и замыкающего источника. Сохранение 7-го источника в качестве замыкающего случайно и обусловлено выбором транспортных издержек.

Сам алгоритм использования показателей  $\Lambda_{il}(t)$  для нахождения оптимального плана задачи (5.16)–(5.20) достаточно прост. Для каждой пары  $i$  и  $l$  находятся оптимальные сроки начала возможных поставок сырья  $t_{il}$ , определяемые условием

$$\Lambda_{il}(t_{il}) = \min_t \Lambda_{il}(t). \quad (5.41)$$

Всевозможные пары «поставщик — потребитель» ( $i, l$ ) ранжируются в порядке возрастания средних издержек

где  $P_i^\tau$  — количество потребителей, использующих сырье, полученное в году  $\tau$  из  $i$ -го источника.

Если  $i$ -й источник отправляет добытое сырье только одному потребителю, то равенство (5.39) принимает вид

$$\bar{u}_i = \bar{w}_i - \left[ \frac{\sum_{\tau=\bar{t}_i}^T a_{il} q^{\tau-1}}{T - \bar{t}_i + 1} + \lambda_i(t_i) \right].$$

Последнее выражение показывает, что при реализации добытого на  $i$ -м источнике сырья у  $l$ -го потребителя по цене  $\bar{w}_i$  доход от единицы ресурса составит  $\bar{u}_i$ .

Что касается показателя средних затрат на добычу и транспортировку единицы сырья, аналогичного  $\lambda_i(t)$  в исходной задаче, то он в условиях задачи (5.16)–(5.20) имеет вид

$$\Lambda_{il}(t) = \left[ \sum_{\tau=t}^T \frac{\sum_{l \in P_i^\tau} a_{il} q^{\tau-1}}{P_i^\tau} + k_i q^{t-1} + c_i \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1} \right] \frac{1}{T-t+1}$$

или

$$\Lambda_{il}(t) = \frac{\sum_{\tau=t}^T \frac{\sum_{l \in P_i^\tau} a_{il} q^{\tau-1}}{P_i^\tau}}{T-t+1} + \lambda_i(t). \quad (5.40)$$

Данный показатель позволяет определить оптимальное начало разработки  $i$ -го источника: если  $\Lambda_{il}(t)$  достигает своего минимума в точке  $\bar{t}_i$ , то эта дата и является оптимальным началом его разработки.

Усложнение исходных задач не позволяет на основе формального анализа выявить свойства их решений и двойственных оценок. Поэтому при решении усложненных задач были проведены серии экспериментальных расчетов по четырем постановкам задачи оптимизации режима разработки группы источников природных ресурсов. Расчеты проводились для восьми источников и пяти потребителей при плановом периоде в 5 лет. Соответствующие оценки источников приведены в табл. 5.2. Так как постановки задач различались в основном ограничениями на потребность в сырье, то в таблице они обозначены через соответствующие ограничения по потребности. Приводимые ре-

$\Lambda_{il}(t_{il})$ . Пусть  $(i_0, l_0)$  — индекс первой пары в этом ряду. Если запасы источника с индексом  $i_0$  достаточны для покрытия потребности  $l_0$ -го потребителя, то последний из дальнейшего рассмотрения исключается, его потребность начинает удовлетворяться с момента  $t_{i_0 l_0}$ , определяемого условием (5.41), а запасы  $i_0$ -го источника, возможные к последующему распределению, корректируются на величину  $B_{l_0}$ , т. е.  $\hat{Q}_{i_0} = Q_{i_0} - B_{l_0}$ . Аналогично, если потребность  $l_0$ -го потребителя превышает возможности  $i_0$ -го источника, то весь объем ресурса, добываемый на этом источнике, направляется  $l_0$ -му потребителю, сам источник в дальнейших процедурах не рассматривается, а потребность  $l_0$ -го потребителя корректируется соответствующим образом:  $\hat{B}_{l_0} = B_{l_0} - Q_{i_0}$ . На следующем шаге производится такая же операция с парой «поставщик — потребитель», ближайшей по величине  $\Lambda_{il}(t_{il})$  к исходной паре  $(i_0, l_0)$ .

Через конечное число итераций остается неудовлетворенной потребность лишь единственного потребителя (поскольку условие разрешимости задачи, как уже отмечалось, требует выполнения условия  $\sum_i Q_i \geq \sum_l B_l$ ).

Анализ показал, что последняя пара  $(i, l)$  определяется из условия  $\bar{\Lambda}_{i'l'}(t_{i'l'}) = \max_i \max_l \min_t \Lambda_{il}(t)$ . Это соответствует вошедшему в план в последнюю очередь источнику и обеспечиваемому в последнюю очередь потребителю. Соответственно оценка  $l'$ -го потребителя  $\bar{w}_{l'} = \bar{\Lambda}_{i'l'}(t_{i'l'})$ , а  $\bar{u}_{i'} = 0$ . В этом случае оценка любого другого источника, вошедшего в план, определяется сравнением затрат, связанных с горно-геологическими условиями добычи сырья, и затрат на поставку добытого сырья до потребителей. Уровень транспортных затрат обусловлен местоположением источника сырья. Таким образом, если в рамках задачи (4.1) — (4.5) оценка запасов источника отражала только ренту по горно-геологическим условиям освоения, то в задаче (5.16) — (5.20) она одновременно отражает и ренту по положению. При включении в задачу условий, позволяющих учитывать переработку сырья, можно получить оценки запасов, отражающие и рентные составляющие, обусловленные качеством добытого сырья, влияние которого на экономические показатели выражается при его переработке.

### § 3. УЧЕТ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В ОЦЕНКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Базой для определения экономической оценки природных ресурсов являются замыкающие затраты на продукцию отраслей, использующих тот или иной их вид, как предельно допустимые с народнохозяйственных позиций затраты на прирост производства продукции рассматриваемой отрасли. Уровень этих затрат определяется на основе решения экономико-математической задачи перспективного планирования, которая ставится с целью оптимизации развития соответствующей отрасли. Величина же замыкающих затрат, как было показано выше, обуславливается предъявляемой народным хозяйством потребностью и наличными запасами соответствующего ресурса.

Таким образом, основными факторами экономической оценки месторождений полезных ископаемых являются: объем извлекаемых запасов, потребность в полезном ископаемом и затраты на его добычу.

Значение каждого из указанных факторов может существенно изменяться в результате технического прогресса. Так, например, комплексная переработка сырья, замена традиционных его видов синтетическими материалами, снижение удельной энергоемкости производства уменьшают потребность в соответствующих видах полезных ископаемых. Внедрение же технологий, использующих новые свойства уже применяемого сырья, увеличивает эту потребность.

Следовательно, учет технического прогресса позволяет изменить ограничения на объем извлекаемых запасов полезных ископаемых<sup>1</sup>.

Отмеченные направления технического прогресса имеют один общий признак: требуемые для их осуществления капиталовложения приводят прежде всего к изменению дефицитности природного ресурса, а с уровнем текущих затрат на добычу полезных ископаемых непосредственно не связаны. Между тем зависимость текущих расходов от

<sup>1</sup> В частности, относительно такого ценного ресурса, как нефть, на XXVI съезде КПСС отмечалось: «Огромные резервы заложены в повышении ее извлекаемости из недр» (Материалы XXVI съезда КПСС. — М.: Политиздат, 1981, с. 55).



величины капиталовложений служит исходной посылкой классической теории технического прогресса.

В техническом прогрессе, определяемом в терминах производственных функций (на наш взгляд, такое определение является наиболее корректным), обычно находят отражение лишь два фактора производства — живой труд и производственные фонды. Соответственно выделяются два типа не нейтрального технического прогресса — капиталосберегающий (трудорасходующий) и трудосберегающий (капиталорасходующий).

Существуют такие технологии, которые являются капиталорасходующими, но не трудосберегающими. Растущее значение технического прогресса в сфере природопользования и необходимость анализа вызываемых им изменений в оценках природных ресурсов требуют прежде всего уточнить классическое определение технического прогресса, отразив в нем природный фактор.

Если рассматривать природные ресурсы, с одной стороны, и овеществленный и живой труд — с другой, то можно обнаружить их взаимозаменяемость, аналогичную той, которая имеется у труда и капитала. Причем в горной промышленности (если в нее включена первичная переработка полезных ископаемых) многообразие альтернативных способов обеспечения заданного объема выпуска продукции возникает в результате взаимозаменяемости полезных ископаемых и труда не только в процессе добычи, но и в процессе первичной переработки<sup>2</sup>. Так, например, увеличение глубины переработки сырья, достигаемое за счет дополнительных затрат труда, может привести к сокращению объема используемого полезного ископаемого, сохраняя неизменным размер выпуска конечной для горной промышленности продукции.

Попытаемся в связи с указанными обстоятельствами дать аналитическое определение технического прогресса в терминах характеристик производственной функции, выражающей зависимость результатов производства от двух факторов — труда и природного ресурса. В этом случае технический прогресс можно определить как изменение

любой из рассматриваемых ниже характеристик производственной функции (абстрактной технологии)<sup>3</sup>.

**1. Эффективность технологии.** Эта характеристика абстрактной технологии относится только к зависимости между затратами и выпуском. Для данных затрат и прочих характеристик абстрактной технологии ее эффективность определяет получаемый в результате выпуск продукции.

Эффективность технологии может быть представлена в виде графика семейства изоквант с двумя факторами. Для каждого уровня затрат природного ресурса и труда масштаб по осям представляет эффективность технологии.

**2. Технологическая экономия от масштаба производства.** Технологический уровень отдачи на единицу масштаба производства представляет собой степень, в какой пропорциональное изменение затрат порождает пропорциональное изменение выпуска, поскольку последнее определяется технологией, а не масштабом производства.

Технический прогресс может изменить способ, которым затраты обращаются в выпуск, таким образом, что производственный процесс, характеризовавшийся ранее, например, убывающей отдачей, будет осуществляться с постоянной отдачей, в то время как масштабы производства остаются неизменными.

**3. Трудоемкость технологии.** Трудоемкость технологии определяется количеством труда и величиной связанного с ним природного ресурса, которые используются в процессе производства. Следует иметь в виду, что величина трудоемкости зависит не только от технологических особенностей производства, но и от уровней доступности факторов. Поэтому рассмотрение трудоемкости как характеристики абстрактной технологии требует фиксировать относительную доступность факторов.

**4. Возможность замены природного ресурса трудом, или эластичность замены.** Данная характеристика измеряется отношением темпа изменений относительных пропорций затрат факторов к темпу изменений предельной

<sup>3</sup> Сформулированное ниже определение технического прогресса дано по аналогии с его определением в терминах производственной функции, выражающей зависимость труда, капитала и выпуска продукции (см. Браун М. Теория и измерение технического прогресса. — М.: Статистика, 1971).

<sup>2</sup> Здесь и далее под трудом имеется в виду овеществленный и живой труд, т. е. границы их взаимозаменяемости во внимание не принимаются.

нормы замены и выражается следующим образом:

$$\sigma = \frac{(\alpha/N) d(N/\alpha)}{(f_N/f_\alpha) d(f_\alpha/f_N)}$$

где  $f_N$  — предельный продукт (оценка) природного ресурса, а  $f_\alpha$  — предельный продукт (оценка) труда. Интуитивно эластичность можно рассматривать как меру пределов возможности замены природного ресурса трудом.

Поскольку существует определенная взаимозаменяемость между трудом и природными ресурсами, эластичность их замены не может быть равной нулю. Следовательно, изокванты производственных функций труда и природного ресурса не могут иметь вид прямоугольной ломаной, означающей взаимодополняемость ресурсов.

Эластичность замены природных ресурсов трудом может возрастать в результате таких, например, направлений технического прогресса, как использование в производстве искусственных заменителей. Этот рост, по-видимому, усилится с переходом к безотходным технологиям.

Используя рассмотренные характеристики абстрактной технологии, нейтральный технический прогресс можно определить как не сберегающий и не расходующий природный ресурс. Он вызывает изменение в самой производственной функции, но не влияет на предельную норму замены природного ресурса трудом. Не нейтральный технический прогресс меняет производственную функцию и может быть либо природосберегающим, либо природорасходующим. Если производственная функция меняется таким образом, что предельный продукт природного ресурса растет по сравнению с предельным продуктом при любой комбинации труда и природного ресурса, то это означает, что имеет место природорасходующий технический прогресс. Природосберегающий технический прогресс имеет место в тех случаях, когда предельная норма замены природного ресурса понижается при любой комбинации природного ресурса и труда.

Следует отметить, что нейтральный технический прогресс (природосберегающий и природорасходующий), если он не влияет на предельную норму замены капитала трудом, выглядит в терминах производственной функции, зависящей от труда и капитала, как нейтральный технический прогресс.

Таким образом, предложенное выше определение технического прогресса может быть полезно тем, что позво-

ляет проследить изменение в этом процессе роли природного фактора.

Вместе с тем построение производственных функций, учитывающих природный фактор, позволяет получить статистические оценки эффективности природных ресурсов в виде соответствующих частных производных.

Рассмотрим проблему учета технического прогресса применительно к оценкам источников природных ресурсов, получаемым из модели оптимизации режима разработки совокупности месторождений однородного минерального сырья<sup>4</sup>. Основные достоинства указанной модели состоят в том, что она позволяет получить решение в аналитическом виде. Главные упрощения в постановке модели состоят в отражении лишь наиболее существенных факторов, влияющих на величину оценок: ограниченности запасов ископаемых на каждом месторождении, необходимости обеспечения потребности народного хозяйства в данном виде ресурса, принципиального различия между расходами капитального и текущего характера.

Попытаемся с помощью рассмотренной в гл. 4 модели (4.1)–(4.4) выяснить, каким образом обусловленное техническим прогрессом изменение параметров модели влияет на величину оценки месторождения.

Одно из проявлений технического прогресса — изменение капиталоемкости технологии. В нашем случае этому показателю соответствует отношение  $k_i/c_i$ , которое будем называть в дальнейшем фондовооруженностью труда. Такое название допустимо, поскольку как уже отмечалось, в рамках данной модели подавляющую часть текущих расходов составляют затраты живого труда.

Предположим, что на всех месторождениях применяется одинаковая технология  $\alpha = (\alpha_1/2, \alpha_2/2, \dots, \alpha_m/2)$ , где  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$  — вектор используемых средств производства, компоненты которого измеряются специфическими единицами физического объема, а  $\alpha$  — численность промышленно-производственного персонала. Влияние горно-геологических и экономико-географических факторов приводит к тому, что цены некоторых средств производства и средние размеры фондов оплаты труда дифференцированы по месторождениям. Обозначим через  $P_i$  — вектор цен средств производства, используемых в технологии  $\alpha$ :

<sup>4</sup> Подробная формулировка и анализ решения модели даны в гл. 4.

$P_i = (P_{1i}, P_{2i}, \dots, P_{m_i})$ , через  $z_i$  — средний размер заработной платы на  $i$ -м месторождении. Тогда фондовооруженность труда на  $i$ -м месторождении будет равна

$$\frac{k_i}{c_i} = \frac{\sum_{l=1}^m \alpha_l P_{li}}{z_i \alpha}$$

Рассмотрим те проявления технического прогресса, которые поддаются анализу в рамках рассмотренной выше модели (4.1) — (4.4).

Ситуация I. Пусть в технологии  $\alpha$  используется «универсальное» средство производства, цена которого не зависит от того, на каких месторождениях оно будет эксплуатироваться, т. е. существует средство производства  $s$ :  $P_{si} = \bar{P}_s$  ( $i = 1, n$ ).

Технический прогресс в отрасли, изготавливающей данное средство, может привести к тому, что цена на него понизится с  $\bar{P}_s$  до  $\bar{P}_s'$ . Тогда показатели  $k_i$  уменьшатся на  $(\bar{P}_s - \bar{P}_s')\alpha_s$  единиц. Обозначим эту величину через  $m$ .

Чтобы выявить, какие изменения в оптимальном плане произойдут в результате снижения всех показателей  $k_i$  на  $m$  единиц, требуется вновь найти  $\bar{t}_i$  — точки минимумов функций

$$\lambda_i(t) = \left( (k_i - m)q^{t-1} + c_i \sum_{\tau=t}^T q^{\tau-1} \right) (T - t + 1).$$

С определенностью можно говорить лишь о направлении смещения оптимального момента начала разработки месторождения:  $\bar{t}_i$  соответствует более позднему моменту времени, чем  $\bar{t}_i$ . Конкретная величина смещения  $\Delta t_i = \bar{t}_i - \bar{t}_i$  будет зависеть не только от общего для всех месторождений условия (сокращение всех  $k_i$  на  $m$  единиц), но и от индивидуальных затратных характеристик.

В этом можно убедиться, рассмотрев зависимость оптимального срока отработки запаса от отношений  $k_i/c_i$ , приведенную в предыдущей главе.

Следовательно, благодаря тому, что в модели (4.1) — (4.4) сроки разработки месторождений оптимизируются, влияние технического прогресса на величину средних затрат  $\lambda_i$  (и соответственно, на оптимальные оценки запасов) усиливается. Действительно, снижение  $\lambda_i$  происходит

не только в результате непосредственного изменения показателя удельной капиталоемкости, но и благодаря появившейся возможности получения экономии за счет сокращения срока разработки месторождения  $\Theta_i$ :

$$\bar{\lambda}_i = \min_t \bar{\lambda}_i(t) = \bar{\lambda}_i(\bar{t}_i) < \bar{\lambda}_i(\bar{t}_i) < \bar{\lambda}_i(\bar{t}_i) = \bar{\lambda}_i.$$

Что касается конкретной величины изменения  $\Theta_i$ , то она дифференцирована по источникам в зависимости от исходного уровня отношения  $k_i/c_i$  и от абсолютной величины  $c_i$ . Для того чтобы убедиться в этом, обратимся к зависимости оптимальных сроков отработки месторождения от фондовооруженности труда.

Заметим, что график функции  $\Theta(k_i/c_i)$  не меняется от того, рассматриваем ли мы в качестве аргумента функции различные уровни фондовооруженности труда для одного источника или определенные значения фондовооруженности труда для разных источников. Это позволяет, используя вогнутость функции  $\Theta(k_i/c_i)$ , сделать вывод о том, что при снижении фондовооруженности труда на всех месторождениях на единицу оптимальные сроки разработки месторождений с более высоким исходным уровнем фондовооруженности сократятся в меньшей мере по сравнению с месторождениями, где фондовооруженность труда ниже. Поскольку оптимальный срок разработки месторождений определяется уровнем фондовооруженности труда посредством монотонно возрастающей функции  $\Theta(k_i/c_i)$ , сделанный выше вывод можно переформулировать следующим образом: при снижении фондовооруженности труда на всех месторождениях на одинаковую величину усиливается дифференциация сроков разработки  $\Theta_i$ .

Но в рассматриваемой ситуации фондовооруженность снижается неравномерно. Величина ее снижения  $\Delta k_i/c_i$  зависит от  $c_i$ :

$$\Delta \frac{k_i}{c_i} = \frac{k_i}{c_i} - \frac{k_i - m}{c_i} = \frac{m}{c_i}.$$

Таким образом, величина смещения оптимального момента начала разработки месторождения будет зависеть не только от отношения капиталоемкости к себестоимости, но и от абсолютной величины последней. Отсюда, в частности, следует, что промежуток между оптимальными моментами начала разработки увеличится на тех месторож-



дениях, где себестоимость добычи одинаковая, а капиталоемкость различная.

Итак, в рассматриваемой ситуации технический прогресс влияет на величину удельных затрат  $\lambda_i$  посредством снижения двух величин, входящих в их определение: капиталоемкости  $k_i$  и оптимального срока разработки  $\Theta_i$ .

Из определения нового оптимального момента начала разработки  $i$ -го месторождения  $\bar{t}_i$  следует, что

$$\bar{\lambda}_i(\bar{t}_i) < \bar{\lambda}_i(\bar{t}_i).$$

Поэтому показатель  $\bar{\lambda}_i(\bar{t}_i)$  можно представить в следующем виде:

$$\bar{\lambda}_i(\bar{t}_i) = \bar{\lambda}_i(\bar{t}_i) - \eta_i,$$

где  $\bar{\lambda}_i(\bar{t}_i)$  — значение новой функции удельных затрат  $\bar{\lambda}_i(t)$  в прежней оптимальной точке ( $\bar{t}_i$ );  $\eta_i$  — неотрицательная величина экономии удельных затрат, возникающей в результате оптимизации срока разработки  $i$ -го месторождения в новых условиях.

Тогда оценка  $i$ -го месторождения может быть представлена следующим образом:

$$\begin{aligned} \bar{u}_i &= \bar{\lambda}_{i_0} - \bar{\lambda}_i = [\bar{\lambda}_{i_0}(\bar{t}_{i_0}) - \bar{\lambda}_i(\bar{t}_i)] + (\eta_i - \eta_{i_0}) = \\ &= \bar{\lambda}_{i_0} - \frac{mq}{T - \bar{t}_{i_0} + 1} - \bar{\lambda}_i + \frac{mq}{T - \bar{t}_i + 1} + (\eta_i - \eta_{i_0}) = \quad (5.42) \\ &= \bar{u}_i + m \left( \frac{q}{T - \bar{t}_i + 1} - \frac{q}{T - \bar{t}_{i_0} + 1} \right) + (\eta_i - \eta_{i_0}). \end{aligned}$$

Она показывает максимально возможную экономию общей суммы строительно-эксплуатационных затрат, обусловленную вытеснением добычи единицы ресурса на замыкающем месторождении единицей прироста запаса на  $i$ -м месторождении. Соответственно второе слагаемое в выражении (5.42) можно рассматривать как ту часть указанной экономии, которая непосредственно обусловлена снижением капиталоемкости и не зависит от изменений в оптимальных сроках. Обозначим эту часть через  $u_i^h$  и

запишем

$$u_i^h = m \left( \frac{q}{T - \bar{t}_i + 1} - \frac{q}{T - \bar{t}_{i_0} + 1} \right).$$

Функция  $\frac{q}{T - \bar{t}_i + 1}$  является монотонно возрастающей. Следовательно, знак  $u_i^h$  зависит от соотношения между  $\bar{t}_i$  и  $\bar{t}_{i_0}$ , соответственно от исходного (заданного) соотношения фондовооруженностей  $k_i/c$  и  $k_{i_0}/c_{i_0}$ . Для тех месторождений, которые в исходном оптимальном плане разрабатываются быстрее, чем замыкающее месторождение,  $u_i^h > 0$ . И наоборот, для тех месторождений, которые начинают разрабатываться раньше, чем замыкающее,  $u_i^h < 0$ .

Таким образом, предвидеть направление изменений оценок, возникающих непосредственно в результате снижения капиталоемкости, достаточно легко. Неопределенность здесь возникает при попытках учесть знак третьего слагаемого в выражении (5.42) —  $(\eta_i - \eta_{i_0})$ . Оно соответствует той части оценки эффективности разработки месторождений, которая обусловлена оптимизацией сроков разработки. Функция  $\lambda_i(t)$  зависит от времени нелинейно. Поэтому сравнивать абсолютные величины смещения значений функции  $\lambda_i(t)$  при переходе от  $\bar{t}_i$  к  $\bar{t}_i$  удастся только с помощью экспериментальных расчетов.

В заключение теоретического анализа первой ситуации I следует отметить, что равномерное снижение капиталоемкости возможно не только в результате снижения равной для всех месторождений цены на «универсальное средство производства». К точно таким же последствиям приводит технический прогресс, удешевляющий те конструктивные части этого средства производства, требуемые количество и качество которых не зависят от того, на каком месторождении оно будет использоваться. При этом цена соответствующего средства производства может быть различной в зависимости от затрат на его приспособление к специфическим горно-геологическим и географическим условиям.

Ситуация II. Рассмотрим изменения в оптимальном плане, возникающие в результате использования на

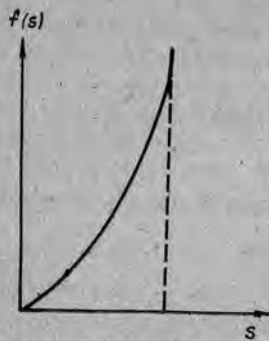


Рис. 2. Влияние степени извлечения ресурса на капиталоемкость добычи.

месторождений. В модели можно учесть эту параметрическую зависимость с помощью некоторой функции  $f(s)$  (рис. 2), определяющей для каждого значения параметра  $s$  степень роста удельных капиталовложений  $k_i$ . При этом предполагается, что  $f(s)$  не зависит от характеристик месторождения.

Модифицированная модель выглядит в данном случае так:

$$\sum_{i=1}^T x_i^t \leq Q_i(1+s),$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T x_i^t \geq \Pi,$$

$$\sum_{\tau=1}^t y_i^\tau - k_i x_i^t (1+f(s)) \geq 0, \quad (5.43)$$

$$\sum_{t=1}^T q^{t-1} \sum_{i=1}^n (c_i x_i^t + y_i^t) \rightarrow \min,$$

Показатели значимости источников сырья  $\lambda_i$  принимают вид

$$\lambda_i(t) = \frac{k_i(1+f(s))q^{t-1} + c_i \sum_{\tau=t}^T q^\tau}{T-t+1}.$$

С учетом изменений в показателях  $\lambda_i$  и того, что оценка источника природного ресурса  $u_i$  определялась

как  $u_i = \lambda_{i0} - \lambda_i$ , можно сделать следующие выводы.

Во-первых, рост значений  $\lambda_i$ , обусловленный ростом капиталоемкости, будет способствовать снижению оценок  $u_i$ . Но этот рост может быть в некоторой степени замедлен за счет оптимизации сроков разработки месторождений:

$$\bar{\lambda}_i(\bar{t}_i) < \bar{\lambda}_i(\bar{t}_i) > \bar{\lambda}_i(\bar{t}_i).$$

Во-вторых, несмотря на рост капиталоемкости на замыкающем источнике, величина  $\bar{\lambda}_{i0}$ , вероятнее всего, уменьшится. Это объясняется тем, что рост степени извлечения запасов на всех месторождениях позволяет разрабатывать их в меньшем количестве и показатель  $\bar{\lambda}_{i0}$  поэтому будет относиться к другому месторождению, не являющемуся замыкающим.

Конкретизируем первую из рассмотренных выше ситуаций. Для этого в качестве исходного возьмем вариант разработки 15 месторождений полезного ископаемого на период 15 лет. Информация об объемах извлекаемых запасов этих месторождений, а также показатели удельных капитальных и эксплуатационных затрат представлены в табл. 5.3. Величину планового задания примем равной 3500 млн. т. Дисконтный множитель  $q^t = \frac{1}{(1+E)^t}$  пусть соответствует нормативу дисконтирования  $E = 0,08$ .

В оптимальный план исходного варианта вошло 10 месторождений. Интенсивности разработки всех месторождений равномерны, что, в свою очередь, обуславливает однократность капиталовложений в году начала разработки месторождения.

Анализируя зависимость оптимального срока разработки от фондовооруженности труда  $\Theta(k_i/c_i)$ , мы отмечали, что она выражается взаимно однозначной функцией. При этом предполагалось, что время  $t$  меняется непрерывно в интервале  $[0, T]$ . Но в экспериментальных расчетах достаточно было рассмотреть дискретное изменение  $t$  в интервале  $[0, 15]$ . В связи с этим в оптимальном плане существуют такие  $\Theta$ , в которые начинают разрабатываться месторождения с различной фондовооруженностью. Так, например, в 7-м году планового периода начинают разрабатываться 4 месторождения, отношения  $k_i/c_i$  у которых равны соответственно 7, 8, 9 и 10. Причем та-

Технико-экономические показатели месторождений полезного ископаемого

Показатель	Номера месторождений														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Капиталоемкость добычи 1 т, руб.	12	14	16	16	27	15	14	12	40	40	39	46	41	35	44
Себестоимость добычи 1 т, руб.	2	2	2	4	3	5	7	8	14	8	10	9	10	12	7
Объем извлекаемого запаса, млн. т	1000	1200	300	130	120	490	90	220	150	400	100	70	110	200	110

Таблица 5.4

Изменение структуры оптимальных оценок месторождений в ситуации I (в числителе — значение расчетной величины в исходной ситуации, в знаменателе — то же в ситуации I)

Расчетная величина	Номера месторождений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оптимальный год разработки месторождения	$\frac{8}{9}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{9}{9}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{11}{12}$	$\frac{10}{11}$	$\frac{11}{12}$
Оптимальная оценка запасов месторождения	$\frac{4,756}{4,76}$	$\frac{4,611}{4,611}$	$\frac{4,471}{4,465}$	$\frac{3,566}{3,583}$	$\frac{3,229}{3,218}$	$\frac{3,21}{3,256}$	$\frac{3,218}{-0,011}$	$\frac{2,23}{2,319}$	$\frac{2,455}{2,533}$	$\frac{2,23}{2,319}$
$u_i^k$	0	-0,011	-0,011	0,017	-0,011	0,017	0,011	0,079	0,052	0,079
$\eta_i$	0,004	0,011	0,005	0	0	0,029	0	0,01	0,026	0,01

кое совпадение характерно лишь для месторождений с относительно высоким уровнем фондовооруженности труда. Месторождения со сравнительно низкими показателями  $k_i/c_i$  различаются оптимальными сроками разработок в зависимости от абсолютной величины  $c_i$ .

Объясняется это следующим образом. Так как непрерывная функция  $\Theta(k_i/c_i)$  является вогнутой, то сроки разработок месторождений с относительно высоким показателем  $k_i/c_i$  различаются не более чем на год. Следовательно, при дискретном рассмотрении  $t$  для месторождений с относительно низкой фондовооруженностью труда типичны различия в сроках больше года, поэтому для них сохраняется взаимно однозначная зависимость между  $\Theta$  и  $k_i/c_i$ .

Двойственные оптимальные оценки месторождений, соответствующие исходному варианту, приведены в табл. 5.4. Оценка планового задания равна 6,536. Замыкающее месторождение (ему присвоен номер 10) имеет нулевую оценку запасов. Оценки запасов остальных месторождений, вошедших в оптимальный план, положительны.

Пусть вследствие технического прогресса показатель удельной капиталоемкости на всех месторождениях снизился на 4 руб. В табл. 5.4 приведены новые оценки месторождений  $u_i$  и их составные части  $u_i^k$  и  $\eta_i$ . Из сравнения новых оценок месторождений с их величинами в исходном оптимальном плане следует, что технический прогресс может изменять оценки месторождений в противоположных направлениях: снижая их по одним месторождениям, одновременно увеличивать по другим.

Изменение оценок месторождений в противоположных направлениях может привести к смене рангов месторождений. Об этом свидетельствует изменение рангов 7-го и 4-го месторождений: в новом оптимальном плане разработка последнего стала более предпочтительной.

В принципе в результате технического прогресса возможно появление нового источника. Однако в данном условном примере, несмотря на снижение оценок 3, 5, 7 и 8-го месторождений, их разработка по-прежнему остается предпочтительнее, чем разработка замыкающего, 10-го месторождения.

Попытаемся объяснить изменение оценок месторождений исходя из изменения их структуры.



Поскольку оптимальный срок разработки замыкающего месторождения не изменился,  $\eta_{10} = 0$ . Следовательно, структура оценок месторождений выглядит следующим образом:

$$\bar{u}_i = u_i^k + \bar{u}_i + \eta_i.$$

Месторождение 1 в исходном оптимальном плане начинает разрабатываться одновременно с замыкающим. Поэтому  $u_1^k = 0$ , и рост оценки этого месторождения обусловлен тем, что величина  $\eta_1 = 0,004$  положительна.

Оценка 2-го месторождения не изменилась, так как  $u_2^k$  и  $\eta_2$  равны по абсолютной величине, но противоположны по знаку. Оценка 3-го месторождения снизилась вследствие того, что  $|\eta_3| < |u_3^k|$ ,  $u_3^k < 0$ .

Хотя  $\eta_4 = 0$ , оценка 4-го месторождения возросла. Это объясняется тем, что в исходном оптимальном плане месторождение разрабатывается позднее замыкающего.

На оценку 5-го месторождения тоже влияет соотношение  $\bar{t}_5$  и  $\bar{t}_{10}$ , но в противоположном направлении: оценка 5-го месторождения уменьшилась.

Рост оценок 6-го и 8-го месторождений обусловлен тем, что для  $i = 6, 7, 8$  как  $\eta_i > 0$ , так и  $u_i^k > 0$ .

Уменьшение оценки 9-го месторождения объясняется следующим образом: эффект от непосредственного снижения капиталоемкости на замыкающем месторождении больше, чем на данном, а возможность компенсировать отрицательное значение  $u_9^k$  величиной  $\eta_9$  отсутствует, так как оптимальный срок разработки 9-го месторождения не изменился.

Рассмотрим изменение оценки запасов при использовании на всех месторождениях новой технологии, увеличивающей объемы извлекаемых запасов  $Q_i$  на 5% при увеличении капиталовложений  $k_i$  на 10%.

Благодаря росту объемов извлекаемых запасов для выполнения планового задания в рассматриваемом примере достаточно разработать не 10-е, а 9-е месторождение. Поскольку в новом оптимальном плане запасы замыкающего месторождения используются не полностью (на 87%), необходимо скорректировать алгоритмы исчисления оценок с учетом того, что в данной ситуации нет необходимости использовать новую технологию на 9-м

месторождении:

$$\bar{\lambda}_i(t) = \left( 1,1k_iq^{t-1} + c_i \sum_{\tau=t}^{15} q^{\tau-1} \right) \Big| (16-t);$$

$$\bar{\lambda}_9(t) = \bar{\lambda}_9(t) = \left( k_9q^{t-1} + c_9 \sum_{\tau=t}^{15} q^{\tau-1} \right) \Big| (16-t);$$

$$\bar{u}_i = \bar{\lambda}_9 - \bar{\lambda}_i = \bar{\lambda}_9 - \bar{\lambda}_i.$$

Тогда оценка планового задания  $W$  будет равна 4,69. Изменения значений оптимальных оценок месторождений и их структуры показаны в табл. 5.5.

Из таблицы следует, что оценки всех месторождений в новом оптимальном плане ниже, чем в исходном. Снижение оценок объясняется тем, что вследствие появления нового замыкающего источника показатель  $\lambda_0$  уменьшился, а затраты  $\lambda_i$  для остальных восьми месторождений возросли в связи с применением новой технологии.

Структура оценок  $u_i$  может быть представлена следующим образом:

$$\bar{u}_i = \bar{\lambda}_{i_0} - \bar{\lambda}_i = \bar{\lambda}_9 - \bar{\lambda}_i + \eta_i - \frac{0,1k_iq^{\bar{t}_i-1}}{T - \bar{t}_i + 1} =$$

$$= \bar{u}_i - \bar{u}_9 + \eta_i - \frac{0,1k_iq^{\bar{t}_i-1}}{T - \bar{t}_i + 1}.$$

Следовательно, абсолютная величина снижения оценок может быть выражена так:

$$\Delta u_i = |\bar{u}_i - \bar{u}_i| = u_9 + \frac{0,1k_iq^{\bar{t}_i-1}}{T - \bar{t}_i + 1} - \eta_i,$$

а относительное изменение оценок можно представить в виде

$$\Delta u_m - \Delta u_l = 0,1 \left( \frac{k_m q^{\bar{t}_m-1}}{T - \bar{t}_m + 1} - \frac{k_l q^{\bar{t}_l-1}}{T - \bar{t}_l + 1} \right) - \eta_m + \eta_l.$$

Таким образом, чем больше  $k_i$  и меньше  $\bar{t}_i$ , тем в большей мере снижается оценка  $u_i$ . В то же время при увеличении оптимальных сроков разработки месторождений темпы снижения оценок замедляются.

Изменение величины и структуры оценок месторождений в ситуации II (в числителе — значения расчетной величины в исходной ситуации, в знаменателе — то же, в ситуации II)

Расчетная величина	Номера месторождений								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Оптимальный год начала разработки месторождения	$\frac{8}{8}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{9}{9}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{11}{11}$	$\frac{7}{7}$
Оптимальная оценка запасов месторождения	$\frac{4,756}{2,823}$	$\frac{4,661}{2,667}$	$\frac{4,471}{2,513}$	$\frac{3,566}{1,597}$	$\frac{3,229}{1,194}$	$\frac{3,21}{2,247}$	$\frac{2,455}{0,492}$	$\frac{2,23}{0,272}$	$\frac{1,846}{0}$
$\bar{u}_i - \bar{u}_0$	2,91	2,765	2,625	1,72	1,383	1,364	0,609	0,384	0
$0,4k_i q^{\bar{t}_i - 1}$	0,987	0,098	0,112	0,433	0,189	0,116	0,117	0,112	0
$\frac{T - \bar{t}_i + 1}{T}$	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0
$\eta$									

Как показали расчеты, увеличение капиталоемкости добычи на 10% привело к изменению оптимального срока разработки только 4-го месторождения. Относительное снижение оценок остальных месторождений зависело лишь от отношений показателей капиталоемкости и сроков разработок.

Обобщая результаты расчетов по определению влияния технического прогресса на оценки месторождений, можно сделать следующие выводы.

1. Обусловленное техническим прогрессом снижение показателей капиталоемкости добычи ресурса на всех месторождениях приводит к неравномерному изменению оценок их запасов. При этом рост оценок одних месторождений может происходить при одновременном снижении оценок других источников.

2. Неравномерность воздействия технического прогресса объясняется не только различиями в исходных уровнях показателей капиталоемкости добычи и соответственно различными темпами снижения затрат. Снижение капиталоемкости может привести к сокращению оптимальных сроков разработки некоторых месторождений. Темпы снижения затрат, обусловленные сокращением оптимальных сроков разработки месторождений, также значительно различаются по месторождениям.

3. В соответствии с указанными проявлениями неравномерности воздействия технического прогресса на оценки запасов месторождений необходимо проводить покомпонентный анализ изменения величины оценок.

4. Если снижение показателей капиталоемкости добычи происходит в пределах устойчивости оптимальных сроков разработки месторождений, то направление изменения оценок месторождений можно предвидеть заранее. Оценки тех месторождений, которые в исходном оптимальном плане разрабатывались позднее (раньше) замыкающего месторождения, снизятся (возрастут). Не изменятся оценки тех месторождений, оптимальные сроки разработки которых совпадают с соответствующими сроками для замыкающего источника.

5. Возможность предвидеть направления изменений оценок месторождений исчезает при снижении капиталоемкости на достаточно большую для данной совокупности месторождений величину.

6. Увеличение отбора запасов на всех месторождениях позволяет обеспечить неизменную добычу за счет

разработки меньшего количества месторождений. Это приводит к уменьшению замыкающих затрат, что, в свою очередь, предопределяет уменьшение оценок источников природного ресурса. Абсолютная величина снижения оценок зависит от оценки нового замыкающего месторождения в старом оптимальном плане.

7. Чем больше капиталоемкость добычи и короче оптимальный срок разработки данного месторождения, тем в большей мере снизится оптимальная оценка его запасов.

8. Увеличение оптимального срока разработки месторождения замедляет темп снижения оценок, обусловленный указанными выше причинами.

Дальнейшая разработка проблемы учета технического прогресса в оценках природных ресурсов предполагает углубление динамического и народнохозяйственного подходов и отражение фактора неопределенности, порождаемой техническим прогрессом.

## Глава 6

### ОПТИМИЗАЦИЯ ОСВОЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СОЧЕТАНИЙ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕГИОНА И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

#### § 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СОЧЕТАНИЙ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕГИОНА

Эффективное решение задач хозяйственного освоения природных ресурсов региона возможно лишь при комплексном подходе, учитывающем совокупность социально-экономических, научно-технических, производственно-технологических и экономических аспектов развития региональной экономики. Это обусловлено прежде всего усложнением структуры хозяйства региона, его технологических, производственных, экономических и организационных внутренних и внешних связей, ростом масштабов производства и потребления продуктов природопользующих отраслей региона, ускорением научно-технического прогресса и интенсификацией производства.

Под влиянием научно-технического прогресса изменяется роль отдельных видов ресурсов в экономическом развитии, усиливается их межотраслевое значение, что предъявляет новые требования к оценке как направлений использования осваиваемых ресурсов региона, так и их распределения в интересах различных отраслей, размещаемых на его территории. При этом необходим анализ различных вариантов всевозможного хозяйственного использования природных ресурсов, отказ от подхода к оценке их эффективности с позиций отдельных отраслей.

Функционирование двух и более отраслей промышленности в одном регионе приводит к их противодействию, и только учет региональных аспектов при планировании дает возможность найти компромиссное решение для всех отраслей, так как их взаимодействие обусловлено не только интересами региона, но и его ресурсным потенциалом и природно-климатическими особенностями. Технологически невзаимосвязанные производства, размещаясь в одном регионе, становятся элементами



одной системы, которая характеризуется территориальной общностью, обуславливающей единую инфраструктуру, как производственную, так и социально-бытовую (эффект их масштабности), и взаимосвязь отраслей через эти элементы инфраструктуры и использование локальных природных ресурсов (земля, вода), а также трудовых ресурсов.

Региональное планирование, выступающее как дополнение отраслевого, а отнюдь не как противопоставление ему, призвано обеспечивать планомерное развитие производительных сил региона и формирование его как целостного социально-экономического организма в системе территориального разделения труда страны в целом. В условиях научно-технического прогресса и интенсификации производства возрастает значение комплексного развития как отдельных отраслей, так и региона. Цели функционирования размещенных в нем отраслей определяются в увязке с отраслевыми планами и задачами развития данной территории.

Комплексному исследованию проблем хозяйственного развития региона способствует применение экономико-математических моделей.

В системе моделей перспективного территориально-производственного планирования, используемых в ИЭлОПП СО АН СССР для исследования проблем формирования производительных сил отдельных экономических районов и их частей, наиболее разработаны модели оптимизации производственной структуры отдельного промузла, территориально-производственного комплекса и системы ТПК, а также модели оптимизации сроков осуществления внутрирайонных комплексных и отраслевых программ. Однако их реализация основывается на полной и четкой информации о составе производств в хозяйстве региона, совокупности предприятий в отдельных ТПК и сроках их строительства. Такая информация получается из решения задачи верхнего (районного) уровня иерархической структуры моделей. При этом в первой группе моделей — оптимизации производственной структуры территориальных систем — основным варьирующим фактором выступает пространственный, а в моделях оптимизации сроков осуществления комплексных программ — фактор времени. Разумеется, оба эти фактора являются затратообразующими в моделях территориального планирования.

Имеются все основания ожидать, что при решении реальных задач оптимизации, где факторами вариации выступали бы и время, и пространство, вычислительные трудности существенно возрастут и потребуются специальные приемы их преодоления.

В моделях первой группы определяются планы развития и размещения объектов отраслей специализации и элементов инфраструктуры, а в моделях оптимизации сроков выполнения инвестиционных программ — оптимальные сроки начала и завершения объектов строительства и стратегия развития строительных баз, осуществляющих данные программы. Отметим, что модели второй группы также позволяют определить стратегию развития элементов производственной и социально-бытовой инфраструктуры, но при фиксированной схеме размещения объектов отраслей специализации. В моделях же первой группы эта схема определяется на основе оптимизации распределения между такими объектами локальных (земля, вода) и трудовых ресурсов.

Мы не беремся судить о взаимодействии этих двух групп моделей или отдавать предпочтение одной из них. Отметим только, что прямое сочетание этих моделей еще не разрешает всего многообразия задач, стоящих перед региональной экономикой.

Каждый регион характеризуется определенным качеством территориальных условий производственной деятельности. Это качество складывается под влиянием как экономических особенностей региона, характеризующихся уровнем развития его хозяйства, элементов производственной и социально-бытовой инфраструктуры, численностью и занятостью трудовых ресурсов, так и природно-ресурсным потенциалом данной территории. Последний из перечисленных показателей синтезирует все остальные. Природно-ресурсный потенциал — это не простая сумма ценностей отдельных источников природных ресурсов, а обобщающий показатель, определяющий эффект рационального, комплексного использования природных, материальных и трудовых ресурсов региона, пропорционального развития технологически невзаимосвязанных производств, а также размещения разнородных предприятий в регионе.

Практика хозяйственного и производственного строительства показывает, что выбор вариантов рационального использования природных ресурсов при их освоении в

пределах отдельного региона является самостоятельной проблемой. Этот выбор должен осуществляться на строго научной основе, посредством сравнения показателей возможной экономической эффективности вариантов, предусматривающих различные направления и уровни использования природных ресурсов. Очевидно, что такие показатели должны быть представлены в интегральной (стоимостной) форме, отражающей комплексность освоения природных ресурсов, т. е. их взаимосвязь и взаимообусловленность. Иначе говоря, необходимы экономические оценки ресурсов с учетом условий их комплексного освоения.

Основной вопрос, который следует выдвинуть для дальнейшего рассмотрения, — это выделение на основе наличных запасов природных ресурсов в регионе отраслей его специализации и определение мощностей их объектов, совокупность которых в указанных выше двух группах моделей считается фиксированной.

Специализация хозяйства региона зависит от регионального сочетания природных ресурсов и полностью определяется характером производственных процессов, в которых эти ресурсы участвуют. Можно выделить четыре типа специализации.

1. Специализация определяется развитием только добывающих отраслей производства, если в данном регионе добываются транспортабельные виды сырья, тогда как в других регионах существуют перерабатывающие предприятия, не обеспеченные таким сырьем;

отсутствует необходимая численность трудовых ресурсов, а также комплексующее сырье, используемое при переработке добываемого;

запасы добываемых видов сырья недостаточно велики для строительства новых перерабатывающих предприятий.

2. Специализация определяется как добывающими, так и перерабатывающими отраслями производства при таком сочетании ресурсов, когда

запасы основных их видов в регионе достаточны для строительства перерабатывающих предприятий;

ресурсы этих видов нетранспортабельны, в то время как продукты их переработки характеризуются высокой транспортабельностью;

имеются в достаточном количестве трудовые ресурсы;

комплексующие виды сырьевых ресурсов транспортабельны и т. д.

3. Специализация определяется перерабатывающими отраслями производства, если в регионе существуют перерабатывающие предприятия;

имеется избыток трудовых ресурсов, а также комплексующее сырье;

перерабатываемые ресурсы транспортабельны, а комплексующие виды сырья нетранспортабельны; созданы мощности по использованию продуктов переработки основных видов ресурсов, сосредоточенных в регионе.

4. Специализация определяется только по сельскому хозяйству при отсутствии в регионе таких видов природных ресурсов, которые по эффективности переработки могли бы конкурировать с сельскохозяйственными.

Следует отметить, что сельское хозяйство может быть одной из отраслей специализации каждого региона, и тогда развитие в нем любой другой отрасли будет влиять на эффективность сельскохозяйственного производства, так как ни одна отрасль не обходится без таких ресурсов, как земля и вода, являющихся основными в сельском хозяйстве. Поэтому при организации любого нового производства необходимо определить ущерб, наносимый им сельскому хозяйству. Например, при исчислении совокупных затрат на освоение определенного источника минерального сырья, если требуется отчуждение сельскохозяйственных земель с годовой рентой с 1 га в размере  $r$ , этот ущерб рассчитывается по формуле

$$C = \sum_{t=1}^T q^{t-1} (c_t + k_t) \Pi_t + \sum_{t=1}^T q^{t-1} r s_t + q^T (\bar{c}_t - \bar{k}_t) S,$$

где  $C$  — совокупные затраты на освоение рассматриваемого источника за период  $T$ ;

$C_t$  — эксплуатационные затраты на добычу сырья в году  $t$ ;

$\Pi_t$  — планируемый объем отбора запасов в году  $t$ ;

$k_t$  — капитальные затраты на добычу сырья в году  $t$ ;

$T$  — срок освоения источника;

$S_t$  — площадь отчуждения сельскохозяйственных земель в году  $t$ ;

$S$  — площадь отчужденных сельскохозяйственных земель  $\sum_{t=1}^T s_t = S$ ;

$\bar{c}_t$  — эксплуатационные затраты на рекультивацию 1 га земли в году  $t$ ;

$\bar{k}_t$  — капитальные затраты на рекультивацию 1 га земли в году  $t$ .

Первое слагаемое в записанном выше выражении показывает затраты на добычу сырья, второе — размер ущерба из-за отчуждения сельскохозяйственных земель, третье — уровень затрат на рекультивацию земель.

Если отчуждение и рекультивация сельскохозяйственных земель происходят по мере отбора запасов минерального сырья с лагом на один год, то общие затраты на освоение источника составляют:

$$\bar{c} = \sum_{t=1}^T q^{t-1} (c_t + k_t) \Pi_t + \sum_{t=1}^T q^{t-1} r s_t + \sum_{t=2}^{T+1} q^{t-1} (\bar{c}_t + \bar{k}_t) \bar{s}_{t-1},$$

где все обозначения те же, что и в предыдущем выражении, а  $\bar{s}_t$  — размер рекультивируемых земель в году  $t$ .

Этот простейший пример показывает сильную взаимосвязанность процессов освоения всех видов природных ресурсов региона.

Взаимосвязь различных видов ресурсов следует рассматривать, во-первых, когда освоение источника одного вида ресурсов оборачивается непосредственным ущербом для другого их вида и, во-вторых, если отдельно взятый ресурс не имеет хозяйственного значения и лишь после переработки, в сочетании с другими видами (комплексирующими), приобретает определенную ценность. Таким образом, при освоении одних видов ресурсов обязательно приходится «жертвовать» некоторыми другими их видами. Такой «жертвой» часто становится земля. Например, освоение источников всех видов минерального сырья требует временного отчуждения сельскохозяйственных земель, строительство водохранилищ — затопления земельных площадей и т. д.

Использование потребительских свойств какого-либо ресурса связано не только с отчуждением других ресурсов, но и с наличием комплексирующих видов сырья при переработке и доведении до потребителей продуктов его переработки. Так, железная руда без переработки с другими видами сырья не представляет никакой потреби-

тельской ценности. Это свидетельствует о прямой взаимосвязанности ресурсов определенного сочетания и косвенно — всех видов ресурсов, т. е. освоение какого-либо объема одного ресурса через производственный процесс затрагивает вопросы определения объемов освоения других видов ресурсов. В природе не существует полностью взаимозаменяемых ресурсов, и один ресурс может быть заменен другими только по потребительскому свойству. И, наоборот, чтобы заменить один ресурс другим, надо отказаться от каких-то его потребительских свойств, тем самым создавая дефицит по определенным свойствам данного ресурса. Кроме того, понятие взаимозаменяемости неразрывно связано с техническим прогрессом — появлением новых видов заменителей, выявлением новых потребительских свойств ресурсов, разработкой новых технологий более глубокой переработки сырья. Учет этих факторов при экономической оценке необходим для обеспечения реальности полученных результатов. Так, например, в результате технического прогресса в области энергетики снижается значение нефти и газа как топливного сырья, вместе с тем увеличение глубины их переработки повышает ценность этих ресурсов как химического сырья.

При принятии решений по природопользованию непосредственно учитывается и социальный фактор. Из двух источников одноименного ресурса с одинаковыми естественными условиями разработки более высокую оценку может получить тот, который находится ближе к районам с избыточными трудовыми ресурсами. Более того, реальная ценность источника с низкопродуктивными запасами в районе с избыточными трудовыми ресурсами может быть даже выше, чем источника с высокопродуктивными запасами в отдаленных и необжитых районах.

Дефицит того или иного вида природного ресурса может сдерживать дальнейшее развитие производства. В связи с этим низкопродуктивные запасы даже других видов ресурсов вблизи данной территории приобретают относительно высокую ценность и используются с целью поддержания производства и занятости трудовых ресурсов.

Таким образом, определение народнохозяйственной эффективности использования природных ресурсов региона должно осуществляться в условиях более или менее



полного учета всех влияющих на ее уровень факторов, а также в условиях рационального использования природных ресурсов.

Одной из сложнейших проблем при моделировании освоения природных ресурсов региона является согласование целей развития региона и народного хозяйства страны в целом. По существу, интересы народного хозяйства, региона и его отдельных звеньев, т. е. природопользования и воспроизводства местных природных ресурсов, в известной мере противоречивы. Это выдвигает на первый план выбор подходящего критерия на каждом уровне планирования. Любое решение по развитию хозяйства региона должно предусматривать повышение производительности общественного труда. По этому показателю следует оценивать участие региона в решении основных социальных проблем местного значения и выполнение им заданий народнохозяйственного уровня. Принятие в модели природопользования в регионе критерия минимума трудовых и материальных затрат позволяет осуществлять ее взаимодействие с моделями как верхнего, так и нижнего уровней иерархической системы моделей территориально-производственного планирования. При этом в ограничениях модели природопользования должны получить отражение как региональные, так и отраслевые цели развития производства.

Тенденция развития региона, как уже отмечалось, обусловлена сочетанием его природных ресурсов. Однако эта тенденция в значительной мере подчинена характеру распределения трудовых ресурсов по регионам страны. Противоборствующие интересы региона, например высокая концентрация производства для повышения уровня реальных доходов населения и минимальная загрязненность природной среды, создают объективные условия для применения методов, позволяющих осуществить выбор рациональной тенденции развития региона.

При моделировании природопользования в регионе особенно важно учитывать специфику ресурсов, локализованных на его территории. В связи с этим выделяются ресурсы невозпроизводимые, воспроизводимые, многоцелевого назначения, основные ресурсы, при переработке которых получают продукты конечного потребления, и комплексующие ресурсы, используемые в соответствующих производствах как вспомогательное сырье. В модели рассматриваются в основном ресурсы указанной

классификации, а также трудовые ресурсы. При этом предусматривается возможность выбора производственной структуры хозяйства региона с учетом наличия запасов одноименных ресурсов вне региона. Модель предполагает определение как поэлементной, так и комплексной оценки естественных ресурсов региона и их соотношения. Следует отметить, что по адекватности отображения всех указанных факторов и их взаимосвязей ее вряд ли можно считать совершенной. Это — результат первой попытки автора формализовать задачу планирования природопользования на перспективу в регионе.

Введем обозначения:

$i$  — индекс ресурса;

$I$  — множество ресурсов, подлежащих переработке,  $i \in I$ ;

$j$  — индекс комплексующего ресурса (ресурсов, используемых при переработке ресурсов из множества  $I$ );

$J_i$  — множество комплексующих видов ресурсов, используемых при переработке  $i$ -го вида сырья;

$r$  — индекс продукции;

$I_r$  — множество ресурсов, при переработке которых производится  $r$ -й продукт;

$a_{ij}$  — норма расхода  $j$ -го вида комплексующего сырья на переработку единицы  $i$ -го вида ресурса;

$\alpha_{ir}$  — норма выхода  $r$ -го вида продукта при переработке единицы  $i$ -го вида сырья;

$k_i$  — удельные капиталовложения на добычу единицы  $i$ -го вида ресурса;

$\bar{k}_j$  — удельные капиталовложения на добычу единицы  $j$ -го вида комплексующего сырья;

$\hat{k}_i$  — удельные капиталовложения на переработку единицы  $i$ -го вида ресурса;

$s$  — удельный расход земельных ресурсов на обустройство 1000 чел. привлеченных из-за пределов региона трудовых ресурсов;

$s_i$  — удельный расход земельных ресурсов на добычу единицы  $i$ -го вида ресурса;

$\bar{s}_j$  — удельный расход земельных ресурсов на добычу единицы  $j$ -го вида комплексующего сырья;

$\hat{s}_i$  — удельный расход земельных ресурсов на переработку единицы  $i$ -го вида ресурса;

$e_i^t$  — трудоемкость добычи единицы  $i$ -го вида ресурса в году  $t$ ;

$\bar{e}_j^t$  — трудоемкость добычи единицы  $j$ -го вида комплексированного ресурса в году  $t$ ;

$\hat{e}_i^t$  — трудоемкость переработки единицы  $i$ -го вида ресурса в году  $t$ ;

$c_i$  — эксплуатационные затраты на добычу единицы  $i$ -го вида ресурса;

$\bar{c}_j$  — эксплуатационные затраты на добычу единицы  $j$ -го вида комплексированного ресурса;

$\hat{c}_i$  — эксплуатационные затраты на переработку единицы  $i$ -го вида ресурса;

$\beta_i$  — затраты на ввоз единицы  $i$ -го вида ресурса в рассматриваемый регион из-за его пределов;

$\bar{\beta}_j$  — затраты на ввоз единицы  $j$ -го вида комплексированного ресурса в рассматриваемый регион из-за его пределов;

$\beta_i$  — затраты на вывоз единицы  $i$ -го вида ресурса за пределы региона;

$\bar{\beta}_j$  — затраты на вывоз единицы  $j$ -го вида комплексированного сырья за пределы региона;  $\mu$  — ущерб, вызванный отчуждением единицы сельскохозяйственных угодий в регионе;

$\gamma_{ir}$  — затраты на ввоз единицы  $r$ -го вида продукции переработки  $i$ -го вида сырья из-за пределов региона;

$Q_i$  — запасы  $i$ -го вида ресурса в регионе;

$\bar{Q}_j$  — запасы  $j$ -го вида комплексированного сырья в регионе;

$P_{ir}^t$  — потребность в  $r$ -м виде продукта переработки  $i$ -го вида сырья внутри региона в году  $t$ ;

$\bar{P}_{ir}^t$  — потребность в  $r$ -м виде продукта переработки  $i$ -го вида ресурса вне региона в году  $t$ ;

$A_i^t$  — плановое задание на вывоз  $i$ -го вида сырья за пределы региона в году  $t$ ;

$\bar{A}_j^t$  — плановое задание на вывоз  $j$ -го вида комплексированного сырья за пределы региона в году  $t$ ;

$X_i^t$  — объем добычи  $i$ -го вида сырья в регионе в году  $t$ ;

$\gamma_{ir}$  — затраты на вывоз единицы  $r$ -го вида продукта переработки  $i$ -го вида сырья за пределы региона;

$\bar{X}_j^t$  — объем добычи  $j$ -го вида комплексированного сырья в году  $t$ ;

$Z_i^t$  — объем  $i$ -го вида сырья, ввозимый из-за пределов региона в году  $t$ ;

$\bar{Z}_j^t$  — объем  $j$ -го вида комплексированного сырья, ввозимый из-за пределов региона в году  $t$ ;

$\hat{x}_i^t$  — объем  $i$ -го вида сырья, перерабатываемого в регионе в году  $t$ ;

$\hat{Z}_i^t$  — объем  $i$ -го вида сырья, вывозимого за пределы региона в году  $t$ ;

$Y_{ir}^t$  — объем  $r$ -го вида продукции переработки  $i$ -го вида сырья, потребляемого в регионе в году  $t$ ;

$\bar{Y}_{ir}^t$  — объем  $r$ -го вида продукции переработки  $i$ -го вида сырья, вывозимого за пределы региона в году  $t$ ;

$\hat{Y}_{ir}^t$  — объем  $r$ -го вида продукта переработки  $i$ -го вида сырья, ввозимого из-за пределов региона в году  $t$ ;

$x_i^t$  — объем капиталовложений в добычу  $i$ -го вида сырья в году  $t$ ;

$\bar{x}_j^t$  — объем капиталовложений в добычу  $j$ -го вида комплексированного сырья в году  $t$ ;

$\hat{x}_i^t$  — объем капиталовложений в переработку  $i$ -го вида сырья в году  $t$ ;

$v$  — коэффициент роста населения;

$L^0$  — численность трудовых ресурсов в регионе в начале планового периода;

$L^t$  — численность трудовых ресурсов, привлекаемых в регион из-за его пределов в году  $t$ ;

$\varphi$  — затраты на обустройство 1000 чел., привлеченных из-за пределов региона;

$\hat{P}_{ir}^t$  — общая потребность в  $r$ -м виде продукции переработки  $i$ -го вида сырья в году  $t$ ;

$z_i^0$  — созданные фонды по переработке  $i$ -го вида сырья к началу планового периода вне региона;

$\hat{k}_i$  — удельные капитальные вложения на переработку единицы  $i$ -го вида сырья вне региона;

$\mu$  — ущерб, вызванный отчуждением единицы сельскохозяйственных земельных ресурсов вне региона;

$\hat{c}_i$  — эксплуатационные затраты на переработку единицы  $i$ -го вида сырья вне региона;

$\hat{Z}_i^t$  — объем  $i$ -го сырья, перерабатываемый вне региона в году  $t$ ;

$\hat{Q}_i$  — возможные запасы  $i$ -го вида сырья вне региона.

В принятых обозначениях математическая постановка задачи оптимизации освоения природных ресурсов региона заключается в определении таких значений неизвестных

$$X_i^t \geq 0; \bar{X}_j^t \geq 0; Z_i^t \geq 0; \bar{Z}_j^t \geq 0; \bar{z}_i^t \geq 0; \hat{x}_i^t \geq 0;$$

$$\hat{Z}_i^t \geq 0; \hat{z}_i^t \geq 0; \hat{X}_j^t \geq 0; Y_{ir}^t \geq 0; \bar{Y}_{ir}^t \geq 0, Y_{ir}^t \geq 0;$$

$$L^t \geq 0; x_i^t \geq 0; \bar{x}_j^t \geq 0; \hat{x}_i^t \geq 0; z_i^t \geq 0; \bar{z}_i^t \geq 0,$$

при которых достигает своего минимума функционал

$$\begin{aligned} F = & \sum q^{t-1} \left\{ \sum_i [(c_i + \mu s_i) X_i^t + x_i^t] + \right. \\ & + \sum_j [(\bar{c}_j + \mu \bar{s}_j) \bar{x}_j^t + \bar{x}_j^t] + \sum_i [(\hat{c}_i + \mu \hat{s}_i) \hat{x}_i^t + \hat{x}_i^t] + \\ & + \sum_i [(\hat{c}_i + \mu \hat{s}_i) \hat{Z}_i^t + z_i^t] + \sum_i \beta_i Z_i^t + \\ & + \sum_j \bar{\beta}_j \bar{Z}_j^t + \sum_i \hat{\beta}_i \hat{Z}_i^t + \sum_j \hat{\beta}_j \hat{Z}_j^t + \sum_i \sum_{r \in I_r} \hat{\gamma}_{ir} \hat{Y}_{ir}^t + \\ & \left. + \sum_i \sum_{r \in I_r} \bar{\gamma}_{ir} \bar{Y}_{ir}^t + (\mu s + \varphi) L^t \right\} \rightarrow \min \end{aligned} \quad (6.1)$$

и соблюдаются следующие ограничения:

$$\sum_{t=1}^T X_i^t \leq Q_i \quad (6.2)$$

— добыча  $i$ -го вида ресурса в плановый период не должна превышать его запасов в регионе;

$$\sum_{t=1}^T \bar{X}_j^t \leq \bar{Q}_j \quad (6.3)$$

— добыча  $j$ -го вида комплексующего ресурса в плановый период не должна превышать его запасов в регионе;

$$X_i^t + Z_i^t - \hat{X}_i^t - \hat{Z}_i^t \geq 0 \quad (6.4)$$

— балансовые ограничения добычи и распределения основных видов ресурсов региона;

$$\bar{X}_j^t + \bar{Z}_j^t - \sum_{i \in J} a_{ij} \hat{X}_i^t - \hat{Z}_j^t \geq 0 \quad (6.5)$$

— балансовые ограничения добычи и распределения комплексующих видов ресурсов региона;

$$\sum_{i \in I_r} \alpha_{ir} \hat{X}_i^t + Y_{ir}^t - \bar{Y}_{ir}^t - Y_{ir}^t \geq 0 \quad (6.6)$$

— балансовые ограничения производства и распределения продуктов переработки  $i$ -го вида сырья в регионе;

$$\sum_{i \in I_r} \alpha_{ir} \hat{Z}_i^t + \bar{Y}_{ir}^t - \hat{Y}_{ir}^t \geq 0 \quad (6.7)$$

— балансовые ограничения производства и распределения продуктов переработки  $i$ -го вида сырья вне региона;

$$\bar{Y}_{ir}^t \geq \bar{\Pi}_{ir}^t \quad (6.8)$$

— объемы продуктов переработки  $i$ -го вида сырья, используемые вне региона, должны быть не меньше заданных планом;

$$\bar{Y}_{ir}^t \geq \Pi_{ir}^t \quad (6.9)$$

— объемы продукции переработки  $i$ -го вида сырья, выделяемые для использования в регионе, должны быть не меньше, чем заданные планом;

$$\sum_{i \in I} s_i X_i^t + \sum_{i \in I} \sum_{\tau=1}^t \hat{s}_i \hat{X}_i^\tau + \sum_{j \in J} \bar{s}_j \bar{X}_j^t + s \sum_{\tau=1}^t h^\tau \leq S \quad (6.10)$$

— ограничение на использование земельных ресурсов региона;

$$\sum_{i \in I} e_i^t X_i^t + \sum_{j \in J} \bar{e}_j^t \bar{X}_j^t + \sum_{i \in I} \hat{e}_i^t \hat{X}_i^t \leq v \left( h^0 + \sum_{\tau=1}^{t-1} h^\tau \right) \quad (6.11)$$

— потребность региона в трудовых ресурсах в году  $t$  должна быть обеспечена за счет как местных, так и привлеченных извне трудовых ресурсов;

$$\sum_{\tau=1}^t \bar{x}_j^\tau - \bar{k}_j \bar{X}_j^t \geq 0 \quad (6.12)$$



— накопленные до года  $t$  мощности по добыче  $j$ -го вида комплексующего сырья должны обеспечить его добычу в году  $t$  в заданном объеме;

$$\sum_{\tau=1}^t x_i^{\tau} - k_i X_i^t \geq 0 \quad (6.13)$$

— накопленные до года  $t$  мощности по добыче  $i$ -го вида сырья должны обеспечить его добычу в году  $t$  в заданном объеме;

$$\sum_{\tau=1}^t \hat{x}_i^{\tau} - \hat{k}_i \hat{X}_i^t \geq 0 \quad (6.14)$$

— ограничение по объему капиталовложений для обеспечения переработки заданного планом объема сырья  $i$ -го вида в году  $t$ ;

$$\sum_{\tau=1}^t z_i^{\tau} + z_i^0 - \hat{k} \hat{Z}_i^t \geq 0 \quad (6.15)$$

— ограничение по объему капиталовложений для переработки вне региона  $\hat{Z}_i^t$  единиц  $i$ -го вида сырья в году  $t$ ;

$$\sum_{t=1}^T (Z_i^t + \hat{Z}_i^t - \hat{Z}_i^t) \leq \hat{Q}_i \quad (6.16)$$

— производство  $i$ -го вида сырья вне региона не должно превышать существующие запасы;

$$\sum_{t=1}^T \left( \bar{Z}_j^t + \sum_{i=1}^n a_{ij} \hat{Z}_i^t - \hat{Z}_j^t \right) \leq \hat{Q}_j \quad (6.17)$$

— ограничение по запасам  $j$ -го вида комплексующего сырья вне региона.

Представленная модель позволяет определить оптимальную структуру производства в регионе с учетом всех видов природных ресурсов, локализованных на его территории, и одновременного освоения запасов однопольных ресурсов вне региона. Вместе с тем анализ двойственной к ней задачи позволяет получить определенную информацию, связанную со стоимостной оценкой природных ресурсов региона.

Остановимся на анализе двойственных оценок. Для этого введем следующие обозначения:

$v_i(u_j)$  — оценка запасов  $i$ -го основного ( $j$ -го комплексующего) вида ресурсов в регионе;

$v_i^t(u_j^t)$  — оценка производства и распределения  $i$ -го основного ( $j$ -го комплексующего) вида ресурса в году  $t$ ;

$w_{ir}^t(\hat{w}_{ir}^t)$  — оценка производства и распределения продуктов переработки  $i$ -го вида сырья в регионе (вне региона) в году  $t$ ;

$V_{ir}^t(\bar{V}_{ir}^t)$  — оценки продуктов переработки  $i$ -го вида сырья в регионе (вне региона) в году  $t$ ;

$\lambda^t$  — оценка земли в регионе в году  $t$ ;

$\xi^t$  — оценка трудовых ресурсов региона в году  $t$ ;

$\xi_i^t(\pi_i^t)$  — оценка капиталовложений на добычу (переработку)  $i$ -го вида ресурса в регионе в году  $t$ ;

$\Theta_j^t$  — оценка капиталовложений на добычу  $j$ -го вида комплексующего сырья в году  $t$ ;

$y_i^t$  — оценка капиталовложений на переработку  $i$ -го вида сырья вне региона в году  $t$ ;

$\varphi_i(\bar{\varphi}_i)$  — оценка запасов  $i$ -го основного ( $j$ -го комплексующего) вида сырья вне региона.

В рассматриваемой задаче оцениваются не источники ресурсов, а сами ресурсы в отдельном регионе с учетом их комплексного освоения. Оптимальное значение целевой функции двойственной задачи может рассматриваться как комплексная экономическая оценка территориальных сочетаний природных ресурсов, т. е. суммарный народнохозяйственный эффект от освоения и использования ресурсов региона. Этот эффект, как легко убедиться, складывается из общего эффекта от обеспечения заданных потребностей в продуктах переработки основных видов ресурсов в регионе и вне его за вычетом затрат на освоение и переработку как основных, так и комплексующих видов сырья с учетом использования в процессе производства земельных и трудовых ресурсов, а также наличных запасов природных ресурсов вне региона.

Рассмотрим структуру оценок основных видов ресурсов  $v_i$ . Если в оптимальном плане  $X_i^t > 0$ , то

$$v_i = v_i^t - s_i \lambda^t - e_i^t \xi^t - k_i \xi_i^t - (c_i + \mu s_i) q^{t-1}. \quad (6.18)$$

При  $x_i^t > 0$  можно также предположить наличие в оптимальном плане переменных  $\hat{X}_i^t > 0$  и  $\hat{Y}_i^t > 0$ , что обус-

ловливает равенства

$$v_i^t = \alpha_{ir} \bar{w}_{ir}^t - a_{ij} u_j^t - \sum_{\tau=t}^T \hat{s}_i \lambda^\tau - \hat{e}_{i\xi}^t q^t - k_i \pi_i^t - (\hat{c}_i + \mu \hat{s}_i) q^{t-1}; \quad (6.19)$$

$$\bar{w}_{ir}^t = V_{ir}^t, \quad (6.20)$$

на основе которых выражение (6.18) можно переписать следующим образом:

$$v_i = \alpha_{ir} V_{ir}^t - s_i \lambda^t - \sum_{\tau=t}^T \hat{s}_i \lambda^\tau - e_{i\xi}^t - \hat{e}_{i\xi}^t - k_i \xi_i^t - k_i \pi_i^t - a_{ij} u_j^t - (c_i + \mu s_i) q^{t-1} - (\hat{c}_i + \mu \hat{s}_i) q^{t-1}. \quad (6.21)$$

$v_i$  представляет собой комплексную экономическую оценку единицы  $i$ -го ресурса и носит рентный характер. Она складывается из дохода от реализации продукции, получаемой при переработке единицы  $i$ -го вида ресурса, за вычетом эксплуатационных затрат на освоение  $(c_i + \mu s_i) q^{t-1}$  и переработку  $(\hat{c}_i + \mu \hat{s}_i) q^{t-1}$ , капитальных затрат на освоение  $k_i \xi_i^t$  и переработку  $k_i \pi_i^t$ , затрат, вызванных использованием земельных ресурсов при освоении  $s_i \lambda^t$  и переработке  $\sum_{\tau=t}^T \hat{s}_i \lambda^\tau$ , затрат, вызванных использованием трудовых ресурсов при освоении  $l_{i\xi}^t$  и переработке  $\gamma_{i\xi}^t$ , и, наконец, затрат комплексирующих видов сырья при переработке  $a_{ij} u_j^t$ . Такое представление оценки  $v_i$  свидетельствует о ее комплексности.

Рентный характер оценки  $v_i$  можно обосновать следующим образом. Во-первых,  $V_{ir}^t$  показывает, насколько увеличатся суммарные затраты на освоение и переработку природных ресурсов региона при увеличении потребности в  $r$ -й продукции переработки  $i$ -го вида сырья в году  $t$ . Если сама величина потребности определяется из условий оптимизации более общей (народнохозяйственной) системы и признана общественно необходимой, то и затраты по обеспечению этой потребности также являются общественно необходимыми. С этой точки зрения оценка  $V_{ir}^t$ , представляющая общественно необходимые затраты, приходящиеся на обеспечение потребности в до-

полнительной единице продукции, может служить основой цены на продукцию. Таким образом, из правой части равенства (6.21) видно, что оценка  $i$ -го ресурса выступает как разница между общественно необходимыми затратами на производство единицы продукции и индивидуальными затратами на производство единицы той же продукции в результате освоения и переработки  $i$ -го вида сырья.

Во-вторых, равенство (6.21) должно выполняться для всех значений  $r, t, j$  при фиксированном  $i$  и оптимальных значениях всех ингредиентов. Это означает, что  $V_{ir}^t$  должна рассматриваться как уровень замыкающих затрат по производству  $r$ -й продукции в году  $t$ .

Аналогично можно убедиться в том, что  $u_j$  — оценка единицы запасов  $j$ -го комплексирующего сырья — носит рентный характер и определяется с учетом затрат как на его освоение, так и использование в процессе переработки основных видов ресурсов.

Таким образом, предлагаемая модель оптимизации освоения территориальных сочетаний природных ресурсов может служить инструментом проведения комплексной экономической оценки как отдельных видов ресурсов, так и их сочетаний. Полученная структура оценок позволяет судить о влиянии различных факторов на их уровень, что может быть использовано в управлении рациональным природопользованием.

Практическая реализация предложенной модели связана с определенными трудностями. Прежде всего, при адекватности отображения в модели реальных процессов природопользования возникает проблема ее численной реализации. Чтобы преодолеть отмеченное затруднение, можно расчленить процесс оптимизации на ряд взаимосвязанных задач, решаемых на основе информации с различной степенью полноты. Это тем более важно, что основные трудности оптимизации процессов природопользования связаны в основном с проблемой информационного обеспечения. Расширение исследований в области природопользования будет способствовать созданию надежной нормативной базы для практической реализации задач рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды.

## § 2. ДВУХУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕГИОНА

Повышению уровня комплексности народнохозяйственных планов способствует переход к планированию развития групп взаимосвязанных отраслей, объединяемых, как правило, общностью функций по удовлетворению определенных общественных потребностей (например, топливно-энергетический комплекс, строительный, лесопромышленный, транспортная система). Разработка планов развития таких многоотраслевых комплексов выдвигает новые требования к экономико-математическому инструментарию оптимального планирования. Важнейшее значение здесь приобретают методы многоуровневого моделирования. Их использование с самого начала связывалось с принципиально новыми постановками задач перспективного отраслевого планирования, ориентированного на конечные народнохозяйственные показатели.

Для изучения взаимодействия отраслей при освоении природных ресурсов региона и проведения комплексной экономической оценки территориальных сочетаний природных ресурсов целесообразно использование двухуровневой системы моделей (регион — отраслевые комплексы). Процесс оптимизации развития системы начинается с решения отраслевых задач, где в качестве критерия выступает минимум строительно-эксплуатационных затрат, задаются балансовые условия по производству отраслевой продукции и ограничения на объем капиталовложений и объемы добычи ресурсов, на базе освоения и использования которых формируются отраслевые комплексы. В результате решения этих задач определяются объемы выпуска отраслевой продукции (объемы добычи ресурсов по каждому месторождению) и необходимые для этого капиталовложения, а также оценки ресурсов, которые передаются в функционал региональной модели, показывающий суммарный эффект от развития отраслевых систем в регионе. При решении региональной задачи устанавливаются необходимые объемы добычи сырья каждого вида, передаваемые затем в модели отраслевых систем в качестве плановых заданий. В свою очередь, при подготовке исходных данных для модели развития хозяйства региона должна использоваться информация, получаемая при решении задач народнохозяйственного уровня с использованием либо отраслевых межрайонных



Взаимодействие моделей различных уровней.

моделей союзного уровня, либо оптимизационной межотраслевой модели (см. схему). Процесс итеративного согласования планов отдельных звеньев хозяйства региона заканчивается, когда векторы переменных и оценок в решении двух последовательных итераций будут совпадать.

Предлагаемая система аналогична описанной в литературе схеме взаимодействия отраслей в регионе<sup>1</sup>, где потребности в сырьевых ресурсах для региональных моделей определяются из решения задач оптимизации межотраслевых народнохозяйственных связей в региональном разрезе.

Следует отметить, что потребные объемы добычи сырьевых ресурсов должны формироваться в зависимости от условий их рационального использования и воспроизводства с учетом наличия определенных потребительских свойств ресурсов и возможностей их воспроизводства (воспроизводимые природные ресурсы). Это позволяет рассматривать ресурсы в задачах оптимального планирования не только как средства производства, но и как конечные продукты. Поэтому значения ограничений по воспроизводимым природным ресурсам должны формироваться в ходе оптимизационных расчетов, что может быть организовано только в условиях системы многоуровневой оптимизации.

<sup>1</sup> Денисов В. И. Народнохозяйственные модели оптимального развития природных комплексов. — М.: Наука, 1978.



В качестве упрощенных моделей отраслевых систем могут рассматриваться модели оптимизации использования нефтяных, газовых и лесных ресурсов в регионе. Модели освоения нефтяных и газовых месторождений аналогичны по структуре. Для их описания введем следующие обозначения:

- $i = \overline{1, n}$  — индекс месторождения;
- $t = \overline{1, T}$  — индекс года планового периода;
- $Q_i$  — объем запаса ресурса на  $i$ -м месторождении;
- $\Pi^t$  — плановое задание по добыче сырья в году  $t$ ;
- $c_i$  — текущие затраты на добычу единицы ресурса на  $i$ -м месторождении;
- $k_i$  — удельная капиталоемкость добычи единицы ресурса на  $i$ -м месторождении;
- $x_i^t$  — объем добычи ресурса на  $i$ -м месторождении в году  $t$ ;
- $y_i^t$  — объем капиталовложений на  $i$ -м месторождении в году  $t$ .

Предполагается, что плановые задания  $\Pi^t$  полностью обеспечены запасами сырья рассматриваемой группы месторождений, т. е.

$$\sum_{i=1}^n Q_i \geq \sum_{t=1}^T \Pi^t.$$

В силу долговременности процесса освоения месторождений необходим учет разновременности затрат, осуществляемый с помощью дисконтирующего множителя  $q = \frac{1}{(1+E)}$ , где  $E$  — норматив эффективности капиталовложений.

Задача заключается в нахождении такого плана разработки месторождений ( $x_i^t$ ) и, следовательно, такой политики освоения капиталовложений ( $y_i^t$ ), при которых принятые условия по добыче ресурса выполнялись бы при минимальных строительно-эксплуатационных затратах

$$\sum_{t=1}^T q^{t-1} \sum_{i=1}^n (c_i x_i^t + y_i^t) \rightarrow \min, \quad (6.22)$$

Первое ограничивающее условие состоит в том, что при любом плане разработки месторождений задание на

добычу должно быть выполнено в каждом году планового периода:

$$\sum_{i=1}^n x_i^t \geq \Pi^t \quad (t = \overline{1, T}), \quad (6.23)$$

Второе условие ограничивает объемы добычи ресурса по каждому источнику запасами последнего:

$$\sum_{t=1}^T x_i^t \leq Q_i \quad (i = \overline{1, n}). \quad (6.24)$$

И наконец, уровень годовой добычи ресурса на каждом  $i$ -м месторождении должен быть обеспечен соответствующими капиталовложениями, освоенными к любому году  $t$  на данном месторождении. Величина освоенных капиталовложений определяется как сумма их приростов за весь период, предшествующий любому году  $t$ , т. е. как  $\sum_{\tau=1}^t y_i^\tau$ . Потребность в капиталовложениях для добычи  $x_i^t$  единиц сырья равна  $k_i x_i^t$ . Отсюда третье ограничивающее условие запишется так:

$$\sum_{\tau=1}^t y_i^\tau - k_i x_i^t \geq 0 \quad (i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}). \quad (6.25)$$

Специфика модели оптимизации использования лесных ресурсов определяется их воспроизводимостью (см. гл. 4).

После решения моделей отраслевых комплексов усредненные рентные оценки ( $\tilde{v}^t$  для нефти и газа и  $\tilde{v}^t$  для леса), показывающие эффективность освоения единицы соответствующего ресурса, передаются в функционал модели развития региона. При этом

$$\tilde{v}^t = \frac{\sum_{i=1}^n v_i x_i^t}{\sum_{i=1}^n x_i^t}, \quad \tilde{v}^t = \frac{\sum_{j=1}^m \tilde{v}_j^t x_j^t}{\sum_{j=1}^m x_j^t}.$$

Для формального описания модели развития хозяйства региона введем следующие обозначения:

## Индексы

$k = \overline{1, m}$  — отраслевые комплексы региона;  
 $t, \tau = \overline{1, T}$  — годы планового периода.

## Параметры

$\lambda_k^t$  — нормы затрат продукции стройиндустрии на выпуск единицы продукции  $k$ -го отраслевого комплекса в году  $t$ ;

$\hat{\lambda}^t$  — нормы затрат продукции стройиндустрии на прирост единицы мощности социально-бытовой инфраструктуры в регионе в году  $t$ ;

$\bar{\lambda}^t$  — нормы затрат продукции стройиндустрии в году  $t$  на прирост единицы мощности строительной базы;

$\beta_k^t$  — удельный расход земельных ресурсов на выпуск единицы продукции  $k$ -го отраслевого комплекса в году  $t$ ;

$\bar{\beta}^t$  — удельный расход земельных ресурсов на единицу мощности строительной базы в году  $t$ ;

$\hat{\beta}^t$  — удельный расход земельных ресурсов на единицу мощности социально-бытовой инфраструктуры в году  $t$ ;

$\gamma_k^t$  — удельный расход водных ресурсов на выпуск единицы продукции  $k$ -го отраслевого комплекса в году  $t$ ;

$\bar{\gamma}^t$  — удельный расход водных ресурсов на единицу мощности строительной базы в году  $t$ ;

$\hat{\gamma}^t$  — удельный расход водных ресурсов на единицу мощности социально-бытовой инфраструктуры в году  $t$ ;

$l_k^t$  — трудоемкость добычи единицы сырья  $k$ -го отраслевого комплекса в году  $t$ ;

$\bar{l}^t$  — нормы затрат трудовых ресурсов на создание единицы мощности строительной базы в году  $t$ ;

$\hat{l}^t$  — нормы затрат трудовых ресурсов на создание единицы мощности социально-бытовой инфраструктуры в году  $t$ ;

$\bar{d}^t$  — нормы затрат трудовых ресурсов на функционирование единицы мощности строительной базы в году  $t$ ;

$\hat{d}^t$  — нормы затрат трудовых ресурсов на функционирование единицы мощности социально-бытовой инфраструктуры в году  $t$ ;

$\bar{m}$  — нормы затрат трудовых ресурсов на воспроизводство единицы водных ресурсов в году  $t$ ;

$\mu'$  — нормы потребления социально-бытовой инфраструктуры на 1 чел. в году  $t$ ;

$B_k^t$  — задание на производство продукции  $k$ -го отраслевого комплекса в году  $t$ ;

$L^e$  — наличные трудовые ресурсы в регионе в начале планового периода;

$N^0$  — мощность стройиндустрии в регионе на начало планового периода;

$M^0$  — объем социально-бытовой инфраструктуры в регионе на начало планового периода;

$S^0$  — площадь земельных участков в регионе;

$A^0$  — наличие водных ресурсов в регионе на начало планового периода;

$\bar{\alpha}^t$  — капиталовложения, необходимые для прироста единицы мощностей строительной базы в году  $t$ ;

$\hat{\alpha}^t$  — капиталовложения, необходимые для увеличения мощности социально-бытовой инфраструктуры на единицу в году  $t$ ;

$\bar{\Theta}^t$  — текущие затраты на производство единицы продукции стройиндустрии в году  $t$ ;

$\hat{\Theta}^t$  — текущие затраты на производство единицы продукции социально-бытовой инфраструктуры в году  $t$ ;

$\varphi^t$  — затраты на воспроизводство единицы водных ресурсов в году  $t$ ;

$g^t$  — затраты на привлечение трудовых ресурсов в году  $t$ ;

$\eta^t$  — коэффициент семейности в году.

## Неизвестные величины

$x_k^t$  — объем производства продукции  $k$ -го отраслевого комплекса в году  $t$ ;

$A^t$  — объем воспроизводства водных ресурсов в регионе в году  $t$ ;

$N^t$  — прирост мощностей стройиндустрии в году  $t$ ;

$M^t$  — прирост мощностей социально-бытовой инфраструктуры в году  $t$ ;

$L^t$  — дополнительно привлекаемые трудовые ресурсы в году  $t$ .

В принятых обозначениях задача состоит в нахождении таких

$x_k^t \geq 0, A^t \geq 0, N^t \geq 0, M^t \geq 0, L^t \geq 0; k = \overline{1, m}; t = \overline{1, T},$

которые бы максимизировали суммарный эффект от развития рассматриваемых отраслевых комплексов в регионе

$$\sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^m v_k^t x_k^t - \sum_{t=1}^T \left\{ (\alpha^t + \Theta^t) q^t + \sum_{\tau=t+1}^T \bar{\Theta}^\tau q^\tau \right\} N^t - \\ - \sum_{t=1}^t \left\{ \hat{\alpha}^t + \hat{\Theta}^t \right\} q^t + \sum_{\tau=t+1}^T \bar{\Theta}^\tau q^\tau \Big\} M^t - \sum_{t=1}^T \varphi^t A^t - \sum_{t=1}^T q^t L^t \rightarrow \max \quad (6.26)$$

и удовлетворяли следующим условиям:

— производства продукции  $k$ -го отраслевого комплекса

$$x_k^t \geq B_k^t, \quad k = \overline{1, m}; \quad t = \overline{1, T}; \quad (6.27)$$

— производства и распределения продукции стройиндустрии в регионе

$$\sum_{k=1}^m \lambda_k^t x_k^t + \bar{\lambda}^t N^t + \hat{\lambda}^t M^t \leq N^0 + \sum_{\tau=1}^t N^\tau, \quad t = \overline{1, T}; \quad (6.28)$$

— обеспеченности трудовыми ресурсами для создания и функционирования производственных и инфраструктурных объектов

$$\sum_{k=1}^m l_k^t x_k^t + \bar{l}^t N^t + \hat{l}^t M^t + \bar{d}^t \left( N^0 + \sum_{\tau=1}^{t-1} N^\tau \right) + \\ + \bar{d}^t \left( M^0 + \sum_{\tau=1}^{t-1} M^\tau \right) + \bar{m}^t A^t \leq L^0 + \sum_{\tau=1}^t L^\tau, \quad t = \overline{1, T}; \quad (6.29)$$

— обеспеченности населения региона социально-бытовой инфраструктурой

$$\mu^t \eta^t \left\{ \sum_{k=1}^m l_k^t x_k^t + \bar{l}^t N^t + \hat{l}^t M^t + \bar{d}^t \left( N^0 + \sum_{\tau=1}^{t-1} N^\tau \right) + \right. \\ \left. + \bar{d}^t \left( M^0 + \sum_{\tau=1}^{t-1} M^\tau \right) + \bar{m}^t A^t \right\} \leq M^0 + \sum_{\tau=1}^{t-1} M^\tau, \quad t = \overline{1, T}; \quad (6.30)$$

— условия обеспеченности региона водными ресурсами с учетом их воспроизводства

$$\sum_{k=1}^m \gamma_k^t x_k^t + \bar{\gamma}^t \left( N^0 + \sum_{\tau=1}^{t-1} N^\tau \right) + \hat{\gamma}^t \left( M^0 + \sum_{\tau=1}^{t-1} M^\tau \right) \leq \\ \leq A^0 + \sum_{\tau=1}^t A^\tau, \quad t = \overline{1, T}; \quad (6.31)$$

— ограничения на использование земельных участков

$$\sum_{k=1}^m \beta_k^t x_k^t + \bar{\beta}^t \left( N^0 + \sum_{\tau=1}^{t-1} N^\tau \right) + \hat{\beta}^t \left( M^0 + \sum_{\tau=1}^{t-1} M^\tau \right) \leq S^0, \quad (6.32)$$

После решения этой задачи полученные объемы производства продукции  $x_k^t$  передаются в модели отраслевых комплексов в качестве плановых заданий.

Процесс оптимизации системы предполагает проведение ряда последовательных итераций, в ходе которых осуществляется взаимодействие моделей отраслевых комплексов с региональной моделью. Он заканчивается, когда векторы переменных и оценок в решениях двух последовательных итераций совпадут. В результате получим взаимоувязанное решение как с отраслевыми, так и с региональными позициями.

По изложенной схеме взаимодействия моделей были проведены экспериментальные расчеты на примере системы моделей освоения нефтяных и газовых месторождений Тюменской области (20 нефтяных и 8 газовых). Исходная информация носила несколько условный характер, но при этом затратные коэффициенты, рассчитанные на основе нормативной информации, близки к реальным. Объемы добычи нефти и газа брались на уровне заданий по Тюменской области на 10-летний период. В модели учитывались паличные природные и трудовые ресурсы; мощности стройиндустрии, функционирующие к началу планового периода; заданные планом объемы добычи нефти и газа в регионе за рассматриваемый период.

Проведены три итерации оптимизационных расчетов по рассмотренной выше схеме взаимодействия моделей. Полученные средневзвешенные рентные оценки нефти и газа передавались в функционал модели развития хозяйства региона. Объемы добычи нефти и газа по годам рассматриваемого периода, корректирующие правые части ограничений отраслевых задач, получались из решения региональной задачи. На следующей итерации аналогично уточнялись коэффициенты целевой функции в задаче по оптимизации развития хозяйства региона и задания на добычу нефти и газа в отраслевых задачах исходя из их скорректированного решения.



Проведение трех последовательных итераций позволило получить взаимоувязанное как с отраслевых, так и с региональных позиций решение, оптимальное с точки зрения возможностей развития региона.

Расчеты показали, что в результате корректировки происходит некоторое снижение объемов добычи ресурсов по годам планового периода, которое сопровождается соответствующим снижением средневзвешенных оценок этих ресурсов (рис. 3).

Общее снижение значений этих оценок объясняется как уменьшением плановых заданий на добычу нефти и газа при неизменных запасах этих ресурсов, так и влиянием эффекта от совместного их использования на величину рентной оценки добываемых ресурсов.

Анализ полученных результатов дает возможность определить возможности развития рассматриваемых отраслей в регионе в зависимости от его обеспеченности локальными (материальными, трудовыми и природными) ресурсами, а также экономическую оценку природных ресурсов с учетом их распределения между отраслями, т. е. оценку использования и воспроизводства.

Расчеты показали принципиальную возможность использования рассмотренной схемы взаимодействия отраслевых систем при освоении природных ресурсов региона для прогнозирования развития его хозяйства на долгосрочную перспективу, а также для анализа свойств оценок природных ресурсов.

Возможности предлагаемого подхода с точки зрения усиления региональных аспектов весьма широкие. Например, при рассмотрении крупного региона его можно разделить на зоны с точки зрения уровня развития в них как инфраструктурных объектов, так и объектов производственного назначения. Это, в свою очередь, приведет к учету транспортного фактора. Кроме того, в нашем примере учитывалось только развитие сырьевых отраслей, однако не представляет трудности одновременное рассмотрение также перерабатывающих отраслей. В этом случае на региональный уровень из отраслевых моделей передаются не средневзвешенные оценки эффективности освоения запасов природных ресурсов, а оценки продукции отраслей, выражающие валовой доход от единицы выпускаемой продукции. Что касается обмена информацией между моделями добывающих и перерабатывающих отраслей, то при автономном моделировании их разви-

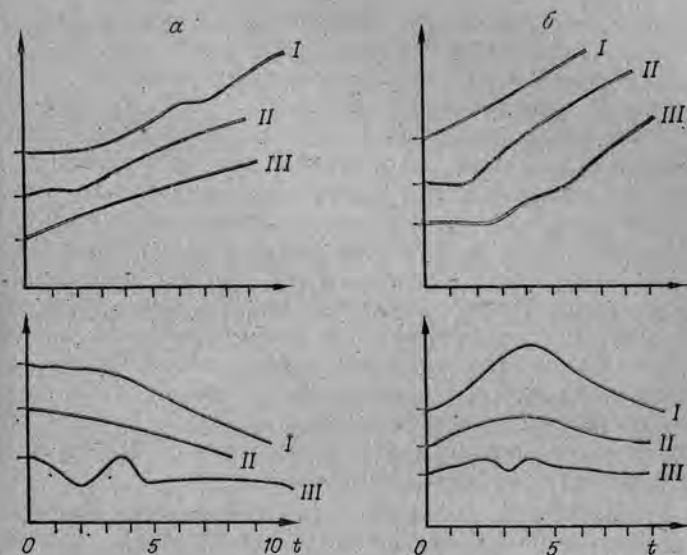


Рис. 3. Объемы добычи (графики в нижней части рисунка) и средневзвешенные оценки ресурсов: а — нефти, б — газа, добываемых в регионе, по итерациям I — III.

тия предполагается передача информации о возможных объемах добычи из моделей добывающих отраслей в соответствующие модели перерабатывающих отраслей. Другой вариант — это совместное моделирование развития отраслевых комплексов, включающих как добывающие, так и перерабатывающие отрасли.

### § 3. ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА СЫРЬЯ ПО ИНФОРМАЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ МОДЕЛИ

Разработка стратегии хозяйственного освоения природных ресурсов региона предполагает определение экономически оправданного уровня использования ресурсов с ограниченными запасами. Почти во всех задачах оптимизации отраслевых комплексов, за небольшим исключением, конкретный анализ оценок ограничений по запасам природных ресурсов, как правило, отсутствует. Это обстоятельство затрудняет согласование решений за-

дач различных уровней, особенно связанных с планированием добывающих отраслей промышленности.

В моделях верхнего (народнохозяйственного) уровня различные технико-экономические показатели разработок источников природных ресурсов сильно агрегированы. Использование такой информации при проведении комплексной экономической оценки территориальных сочетаний природных ресурсов может привести к существенным неточностям результатов, если ее не корректировать по решениям задач для отдельных уровней оптимизируемой системы. В этом случае встает проблема согласования решений, полученных по моделям разных уровней. Проводимые в данном направлении исследования, как правило, относятся к согласованию отраслевых и народнохозяйственных моделей<sup>2</sup>. Представляется важным проанализировать возможности согласования ОМММ и моделей отраслевых систем в регионе.

В ОМММ крупный регион рассматривается как точка сосредоточения производства и потребления. Высокая степень агрегирования показателей, характеризующих процессы природопользования в регионе, не позволяет учитывать их существенные внутререгиональные различия. Это затрудняет оптимизацию развития и размещения отраслей внутри региона. Представляется, что обмен информацией между ОМММ и региональными моделями оптимального перспективного планирования позволит корректировать решения ОМММ с точки зрения их допустимости и оптимальности. В частности, это касается ограничений на приросты продукции по отраслям, тесно связанным с добычей и первичной переработкой природных ресурсов. Такие ограничения в ОМММ должны устанавливаться исходя из ограниченности природных ресурсов. Необходимо, далее, учитывать и такие ограничения, как технологически возможные максимальные годовые объемы добычи минерального сырья, сроки выработки месторождений и ряд других условий, которые в ОМММ не включаются. Вообще, ограниченность природных ресурсов носит условный характер. Ресурсов может

<sup>2</sup> Макаров В. Л., Маршак В. Д. Экспериментальное исследование алгоритмов итеративного агрегирования в двухуровневых системах оптимального планирования. — В кн.: Многоуровневые системы отраслевой оптимизации. — Новосибирск: Наука, 1975, с. 21—29; Гурьев В. П. Об одной проблеме агрегирования в многоотраслевых межрайонных моделях. — Там же, с. 97—111.

быть достаточно, но они сильно различаются по эффективности освоения и качеству. Их ограниченность чаще всего является функцией времени, так как за определенный период времени (принятый в ОМММ расчетный период) могут быть подготовлены новые запасы уже разведанных природных ресурсов или выявлены запасы других их видов. Непосредственный учет этих моментов в ОМММ, разумеется, невозможен, а в процессе оптимизации планов разработки источников минерального сырья они, если не полностью, то в большой степени улавливаются. Ниже излагается разрабатываемый нами подход к координации планов, полученных по ОМММ и моделям оптимизации развития добычи исходного сырья в регионе, с целью корректировки районных способов производства в ОМММ и определения для нее разумных ограничений на приросты продукции.

На верхнем уровне двухуровневой системы моделей рассматривается ОМММ, где каждая отрасль представлена некоторой областью выбора возможных вариантов развития и размещения производства, т. е. региональных объемов производства продукции, объемов капитальных вложений и направлений их использования, межрегиональных поставок, общего и региональных уровней потребления. На нижнем уровне рассматриваются модели оптимизации развития и размещения добывающей отрасли в регионе.

Принятая в ОМММ 16-отраслевая классификация неприемлема для применения предлагаемого подхода к определению оптимальных объемов добычи исходного сырья. Совместное рассмотрение в одной позиции добывающих и перерабатывающих подотраслей резко снижает точность результатов расчета. Например, такие отрасли, как черная металлургия, топливная промышленность, лесная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная, являются потребителями многих видов сырья, наличие же всех необходимых их видов в одном и том же районе маловероятно.

В этой связи набор рассматриваемых в ОМММ отраслей предлагается расширить за счет включения в него добывающих отраслей — нефтедобывающей, угольной, лесозаготовительной и др.

В модели нижнего уровня определяются оптимальные объемы добычи по годам и источникам исходного сырья отдельного региона при заданных лимитах капиталовло-

жений на весь плановый период и трудовых ресурсов на последний год (данные, полученные из ОМММ). Учитываются, кроме того, ограничения по запасам источников, а также условия обеспечения выпуска продукции перерабатывающей отрасли в последнем году планового периода (информация из ОМММ). Что касается траектории суммарной добычи по региону, то она определяется исходя из рассчитанного по ОМММ необходимого объема добычи последнего года.

Введем следующие обозначения:

$l$  — индекс рассматриваемой отрасли;

$r$  — индекс рассматриваемого региона;

$p$  — индекс источника минерального сырья ( $p = 1, \dots, P$ );

$t$  — индекс года планируемого периода ( $t = 1, \dots, T$ );

$c_p^{rt}$  — текущие затраты на добычу 1 т исходного сырья в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона в году  $t$ ;

$k_p^{rt}$  — удельные капиталовложения на добычу 1 т исходного сырья в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона в году  $t$ ;

$Q_p^r$  — объем запасов исходного сырья  $p$ -го источника  $r$ -го региона;

$L^r$  — лимит трудовых ресурсов, привлекаемых в рассматриваемую отрасль в  $r$ -м регионе для последнего года планируемого периода;

$K^r$  — лимит капиталовложений в рассматриваемую отрасль, функционирующую в  $r$ -м регионе, за период  $T$  ( $L^r$  и  $K^r$  получаются из ОМММ);

$\Pi^{rt}$  — потребный объем добычи исходного сырья в регионе  $r$  в году  $t$ ,  $\Pi^{rt} = \rho^{T-t} \Pi^{rT}$ , где  $0 < \rho < 1$ , а  $\Pi^{rT}$  определяется на основе решения ОМММ;

$\xi_p^{rT}$  — цена 1 т сырья, добываемого в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона, по действующей системе цен;

$v^r$  — выпуск продукции рассматриваемой отрасли в  $r$ -м регионе, полученный из ОМММ;

$\lambda_p^{rt}$  — затраты труда на добычу 1 т сырья в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона в году  $t$ ;

$x_p^{rt}$  — объем добычи в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона в году  $t$ ;

$y_p^{rt}$  — объем капиталовложений в разработку  $p$ -го источника  $r$ -го региона в году  $t$ .

Модель запишется следующим образом:

$$\sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T q^t (c_p^{rt} x_p^{rt} + y_p^{rt}) \rightarrow \min \quad (6.33)$$

— строительно-эксплуатационные затраты достигают своего минимального уровня;

$$\sum_{t=1}^T x_p^{rt} \leq Q_p^r \quad (6.34)$$

— объем добычи сырья в  $p$ -м источнике за весь период не должен превышать наличных запасов;

$$\sum_{p=1}^P \lambda_p^{rt} x_p^{rt} \leq L^r \quad (6.35)$$

— затраты труда на добычу необходимого объема исходного сырья в последнем году планового периода не должны превышать лимита трудовых ресурсов  $r$ -го региона по рассматриваемой отрасли;

$$\sum_{t=1}^t y_p^{rt} - k_p^{rt} x_p^{rt} \geq 0 \quad (6.36)$$

— накопленные мощности должны обеспечить необходимый объем добычи сырья в году  $t$ ;

$$\sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T y_p^{rt} \leq K^r \quad (6.37)$$

— капиталовложения по всем источникам за плановый период в целом не должны превышать их лимита;

$$\sum_{p=1}^P x_p^{rt} \geq \Pi^{rt} \quad (6.38)$$

— суммарный объем добычи исходного сырья по региону в каждом году планового периода должен быть не меньше, чем производственное задание;

$$\sum_{p=1}^P \xi_p^{rT} x_p^{rt} \geq v^r \quad (6.39)$$

— суммарный объем добычи в регионе исходного сырья в последнем году планового периода (в стоимостном исчислении по действующей системе цен) должен быть не меньше, чем выпуск продукции соответствующей отрасли в рассматриваемом регионе, определенный на основе решения ОМММ.



Обозначим индекс рассматриваемой отрасли через  $l$ . Тогда по результатам решения задачи (6.33)—(6.39) можно частично изменить технологические коэффициенты затрат, принятые в ОМММ. Изменению поддаются коэффициенты затрат по  $l$ -й отрасли  $r$ -го региона:

$$a_{jl}^r = \frac{\sum_t \sum_p a_{jp}^{rt} x_p^{rt}}{\sum_t \sum_p x_p^{rt}} \quad (6.40)$$

— коэффициенты затрат  $j$ -й отрасли на единицу агрегированной продукции  $l$ -й отрасли в  $r$ -м регионе;

$$\lambda_l^r = \frac{\sum_t \sum_p \lambda_p^{rt} x_p^{rt}}{\sum_t \sum_p x_p^{rt}} \quad (6.41)$$

— коэффициенты затрат труда на производство единицы продукции  $l$ -й отрасли в  $r$ -м регионе.

Затраты по транспорту в рассматриваемом регионе остаются без изменений. Затраты капиталовложений на единицу продукции  $l$ -й отрасли не приводятся, так как в модели (6.33)—(6.39) капиталовложения не дифференцированы по видам (такая дифференциация, однако, не представляет затруднений).

По модели (6.33)—(6.39) можно откорректировать прежде всего региональные коэффициенты затрат. Что касается ограничений на объемы выпуска по годам планового периода, то вряд ли рассматриваемая модель позволит установить их разумные возможные значения, так как при определении траектории добычи мы исходим из решения ОМММ, т. е.  $\Pi^t = \rho^{T-t} \Pi^T$ .

Более совершенна для определения разумных ограничений на объемы выпуска приводимая ниже модель, которая позволяет формировать траекторию добычи в процессе ее решения.

Введем обозначения:

$l$  — индекс рассматриваемой отрасли;

$r$  — индекс рассматриваемого региона;

$i$  — индекс вида капиталовложений ( $i = 1, \dots, n$ );

$p$  — индекс источника минерального сырья ( $p = 1, \dots, P$ );

$s$  — индекс качества минерального сырья ( $s = 1, \dots, S$ );

$t$  — индекс года планируемого периода ( $t = 1, \dots, T$ );  
 $c_{sp}^{it}$  — текущие затраты на добычу 1 т  $s$ -го качества исходного сырья в  $p$ -м источнике  $l$ -го региона в году  $t$  на мощностях, введенных в плановом периоде;

$h_{isp}^{rt}$  — удельные капиталовложения  $i$ -го вида на добычу 1 т исходного сырья  $s$ -го качества в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона в году  $t$ ;

$Q_{sp}^r$  — объем запасов исходного сырья  $s$ -го качества в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона;

$K_i^r$  — лимит капиталовложений  $i$ -го вида в рассматриваемую отрасль, функционирующую в  $r$ -м регионе, за период  $T$ ;

$L^r$  — лимит трудовых ресурсов, привлекаемых в рассматриваемую отрасль, функционирующую в  $r$ -м регионе, для последнего года планируемого периода ( $K_i^r$  и  $L^r$  определяются на основе решения ОМММ);

$\lambda_{sp}^{rt}$  — затраты труда на 1 т добычи исходного сырья  $s$ -го качества в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона в году  $t$  на мощностях, введенных в плановом периоде;

$d_{sp}^r$  — максимальный технологически возможный годовой уровень добычи  $s$ -го качества сырья в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона;

$x_{sp}^{rt}$  — объем добычи исходного сырья  $s$ -го качества в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона в году  $t$  за счет капиталовложений на расширение мощностей;

$y_{isp}^{rt}$  — объем капиталовложений  $i$ -го вида на добычу сырья  $s$ -го качества в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона в году  $t$ ;

$c_{sp}^{ort}$  — текущие затраты на добычу 1 т исходного сырья  $s$ -го качества в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона в году  $t$  на мощностях, действующих к началу планового периода;

$\lambda_{sp}^{ort}$  — затраты труда на добычу 1 т исходного сырья  $s$ -го качества в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона в году  $t$  на мощностях, действовавших к началу планового периода;

$d_{sp}^{ort}$  — объем добычи исходного сырья  $s$ -го качества в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона в базисном году;

$v^r$  — выпуск продукции рассматриваемой отрасли в  $r$ -м регионе в последнем году планового периода (получается из ОМММ);

$z^{rt}$  — суммарный объем добычи исходного сырья в  $r$ -м регионе в году  $t$ ;

$z^{0r}$  — суммарный объем добычи исходного сырья в  $r$ -м регионе к началу планового периода;

$\mu_r$  — параметр роста суммарной добычи исходного сырья в  $r$ -м регионе;

$\xi_{sp}^{rT}$  — цена 1 т сырья  $s$ -го качества, добытого в  $p$ -м источнике  $r$ -го региона (по действующей системе цен).

В принятых обозначениях запишем математическую задачу. Минимизируется функционал

$$\sum_t \sum_s \sum_p \left( c_{sp}^{ort} x_{sp}^{ort} + c_{sp}^{rt} x_{sp}^{rt} + \sum_i y_{isp}^{rt} \right) g^t \quad (6.42)$$

и удовлетворяются следующие условия:

$$\sum_t (x_{sp}^{ort} + x_{sp}^{rt}) \leq Q_{sp}^r \quad (6.43)$$

— объем добычи сырья  $s$ -го качества в  $p$ -м источнике за весь плановый период не должен превышать наличных запасов;

$$\sum_{r=1}^t y_{isp}^{rt} - h_{isp}^{rt} x_{sp}^{rt} \geq 0 \quad (6.44)$$

— накопленные в году  $t$  мощности по добыче сырья  $s$ -го качества в  $p$ -м источнике должны обеспечить необходимый объем добычи;

$$\sum_t \sum_s \sum_p y_{isp}^{rt} \leq K_i^r \quad (6.45)$$

— капиталовложения  $i$ -го вида по всем источникам за плановый период не должны превышать их лимита в регионе по рассматриваемой отрасли;

$$\sum_p \sum_s \xi_{sp}^{rT} (x_{sp}^{ort} + x_{sp}^{rt}) \geq v^r \quad (6.46)$$

— суммарный объем добычи в регионе исходного сырья в последнем году планового периода (в стоимостном исчислении по действующей системе цен) должен быть не меньше, чем выпуск продукции соответствующей отрасли в том же регионе, определенный на основе решения ОМММ;

$$\sum_t z^{rt} - \sum_t \sum_s \sum_p (x_{sp}^{ort} + x_{sp}^{rt}) \geq 0 \quad (6.47)$$

— условие сбалансированности суммарного объема добычи сырья в регионе с потребностью в нем. Рост суммарного объема добычи предполагается линейной функцией от времени, т. е.

$$z^{rt} = z^{r0} + T\mu_r \text{ и } \sum_t z^{rt} = Tz^{r0} + T(T+1)/2\mu_r; \quad (6.48)$$

$$\sum_s \sum_p (\lambda_{sp}^{ort} x_{sp}^{ort} + \lambda_{sp}^{rt} x_{sp}^{rt}) \leq L^{rt}$$

— затраты труда на добычу необходимого сырья в любом году планового периода не должны превышать лимита трудовых ресурсов  $r$ -го региона по рассматриваемой отрасли, определенного на основе решения ОМММ (несмотря на то, что по ОМММ лимит трудовых ресурсов получается для последнего года планового периода);

$$x_{sp}^{ort} \leq a_{sp}^{or} \quad (6.49)$$

— объем добычи на мощностях, действующих к началу планового периода, не может превышать уровень добычи базисного года;

$$x_{sp}^{ort} + x_{sp}^{rt} \leq d_{sp}^r \quad (6.50)$$

— объем добычи в году  $t$  в отдельном источнике не может превышать технологически возможный максимальный уровень годового отбора.

В результате решения задачи (6.42)–(6.50) можно получить некоторую информацию для корректировки технологических коэффициентов затрат, относящихся к рассматриваемому региону, в модели верхнего уровня, т. е. в ОМММ, а также ограничения на объем выпуска по рассматриваемой отрасли.

Обозначим индекс рассматриваемой отрасли через  $l$ . Тогда коэффициенты затрат продукции  $j$ -й отрасли на единицу агрегированной продукции  $l$ -й отрасли в  $r$ -м регионе на мощностях, действующих к началу планового периода, определяются следующим образом:

$$a_{jl}^{or} = \frac{\sum_t \sum_s \sum_p a_{jsp}^{ort} x_{sp}^{ort}}{\sum_t \sum_s \sum_p x_{sp}^{ort}}. \quad (6.51)$$

Аналогично можно рассчитать коэффициенты затрат продукции  $j$ -й отрасли на производство единицы продукции

$l$ -й отрасли на мощностях, введенных в плановом периоде:

$$a_{jl}^r = \frac{\sum_t \sum_s \sum_p a_{jsp}^{rt} x_{sp}^{rt}}{\sum_t \sum_s \sum_p x_{sp}^{rt}}. \quad (6.52)$$

Затраты труда на производство единицы продукции  $l$ -й отрасли в  $r$ -м регионе определяются также с учетом мощностей, действующих к началу планового периода и введенных в плановом периоде:

$$\lambda_l^{or} = \frac{\sum_t \sum_s \sum_p \lambda_{sp}^{ort} x_{sp}^{ort}}{\sum_t \sum_s \sum_p x_{sp}^{ort}}; \quad (6.53)$$

$$\lambda_l^r = \frac{\sum_t \sum_s \sum_p \lambda_{sp}^{rt} x_{sp}^{rt}}{\sum_t \sum_s \sum_p x_{sp}^{rt}}. \quad (6.54)$$

Для расчета затрат капиталовложений  $i$ -го вида на производство единицы продукции  $l$ -й отрасли в  $r$ -м регионе применима формула

$$h_{il}^r = \frac{\sum_t \sum_s \sum_p h_{isp}^{rt} x_{sp}^{rt}}{\sum_t \sum_s \sum_p x_{sp}^{rt}}. \quad (6.55)$$

Что касается ограничений на прирост продукции, то в результате решения задачи (6.42)–(6.50) получим  $z^{rt}$  для  $t=1, \dots, T$ , что позволит нам в качестве ограничения на прирост продукции  $l$ -й отрасли в  $r$ -м регионе принять  $z^{rT} - z^{r0}$ .

Процесс координации планов продолжается до тех пор, пока на двух последовательных итерациях не получится одно и то же решение модели нижнего уровня. О сходимости процесса координации планов нельзя судить сколько-нибудь конкретно, так как не проведены расчеты. Правда, ограничение (6.46) может способствовать быстрому окончанию процесса, но тогда улучшение результатов решения ОМММ будет незначительным. Поэтому более приемлема постановка модели нижнего

уровня на максимум суммарной добычи, т. е.

$$\sum_t \sum_s \sum_p (x_{sp}^{ort} + x_{sp}^{rt}) \rightarrow \max_x \quad (6.56)$$

и без ограничения (6.46).

Предлагаемые модели нижнего уровня оптимизации плана добывающей отрасли в регионе не претендуют на совершенство. Поэтому необходима дальнейшая разработка изложенного подхода.

В заключение следует отметить, что сама ОМММ по своей постановке вызывает большие трудности при увязке с ней моделей нижнего уровня. При переходе к ОМММ в динамической постановке часть затруднений снимается.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Глава 1. Социально-экономические основы природопользования . . . . .</b>	<b>3</b>
§ 1. Роль природного фактора в развитии общественного производства . . . . .	—
§ 2. Природопользование и планирование общественного производства . . . . .	11
§ 3. Общие предпосылки экономической оценки природных ресурсов . . . . .	19
<b>Глава 2. Экономическая сущность оценки природных ресурсов . . . . .</b>	<b>32</b>
§ 1. Объект и критерии экономической оценки природных ресурсов . . . . .	—
§ 2. Виды оценок . . . . .	39
§ 3. Основные концепции экономической оценки природных ресурсов . . . . .	48
§ 4. Экономическое содержание оценок . . . . .	58
<b>Глава 3. Особенности оценки различных видов природных ресурсов . . . . .</b>	<b>78</b>
§ 1. Классификация природных ресурсов . . . . .	—
§ 2. Особенности оценки воспроизводимых природных ресурсов . . . . .	84
§ 3. Особенности оценки ресурсов многоцелевого использования . . . . .	93
<b>Глава 4. Оценка ресурсов в моделях развития и размещения добывающих отраслей промышленности . . . . .</b>	<b>101</b>
§ 1. Оптимизация плана разработки совокупности месторождений однородного минерального сырья . . . . .	—
§ 2. Дифференциальная рента и оптимальные оценки воспроизводимых и невоспроизводимых ресурсов . . . . .	110
§ 3. Оптимизация освоения группы источников минерального сырья с известной траекторией суммарной добычи . . . . .	11

<b>Глава 5. Анализ влияния факторов на величину экономической оценки природных ресурсов . . . . .</b>	<b>129</b>
§ 1. Анализ влияния внешних параметров на уровень экономической оценки природных ресурсов . . . . .	—
§ 2. Анализ влияния местоположения источников природных ресурсов на величину их экономической оценки . . . . .	139
§ 3. Учет технического прогресса в оценках месторождений минерального сырья . . . . .	149
<b>Глава 6. Оптимизация освоения территориальных сочетаний природных ресурсов региона и их экономическая оценка . . . . .</b>	<b>167</b>
§ 1. Моделирование комплексного освоения и экономическая оценка территориальных сочетаний природных ресурсов региона . . . . .	—
§ 2. Двухуровневая система моделей освоения природных ресурсов региона . . . . .	184
§ 3. Оптимизация объемов производства сырья по информации, содержащейся в оптимизационной межрегиональной межотраслевой модели . . . . .	193

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»

готовит к выпуску в 1984 году книгу

«ЛОКАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОГРАММЫ»

Монография посвящена методологическим и методическим вопросам разработки программ для решения актуальных задач комплексного развития областей, краев, автономных республик. Определяется место и роль локальных программ в системе планирования и управления территориально-административного образования, рассматриваются важнейшие аспекты, черты и особенности программ, технология их разработки, вопросы управления и информационного обеспечения локальных программ.

Книгу можно заказать в магазинах «Академкнига». Заказы направляйте по адресу: 630090, Новосибирск, 90, Морской проспект, 22.

Для получения книг почтой заказы просим направлять по адресу: 117192 Москва, В-192, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига»; 197110 Ленинград, П-110, Петрозаводская ул., 7, магазин «Книга — почтой» Северо-Западной конторы «Академкнига» или в ближайший магазин «Академкнига», имеющий отдел «Книга — почтой» (указано в скобках).

*Мкртчян Гагик Мкртчичевич*

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Ответственный редактор *Юрий Иванович Максимов*

Утверждено к печати  
Институтом экономики и организации  
промышленного производства СО АН СССР

Редактор издательства *И. Г. Зыкова*  
Художественный редактор *С. М. Кудрявцев*  
Художник *В. В. Растегаяев*  
Технический редактор *Н. М. Остроумова*  
Корректор *В. А. Вирюкова*

ИБ № 23708

Сдано в набор 16.11.83. Подписано к печати 16.05.84. МН-02028. Формат 84×108<sup>1/32</sup>. Бумага типографская № 3. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 10,9. Усл. кр.-отт. 11,1. Уч.-изд. л. 11. Тираж 1900 экз. Заказ № 868. Цена 1 р. 70 к.

Издательство «Наука», Сибирское отделение. 630099, Новосибирск, 99, Советская 18.

4-я типография издательства «Наука». 630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.

Адреса магазинов «Академкнига»

- 480091 Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97 («Книга — почтой»)  
370005 Баку, ул. Джапаридзе, 13  
320005 Днепрпетровск, проспект Гагарина, 24 («Книга — почтой»)  
734001 Душанбе, проспект Ленина, 95 («Книга — почтой»)  
335009 Ереван, ул. Туманяна, 31  
664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 289  
252030 Киев, ул. Ленина, 42  
252030 Киев, ул. Пирогова, 2  
252142 Киев, проспект Вернадского, 79  
252030 Киев, ул. Пирогова, 4 («Книга — почтой»)  
277001 Кишинев, ул. Пирогова, 28