

**УДК 330.115**

*Мацебера С.А.*

## **ИМИТАЦИОННАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕГИОНА**

Наиболее ответственным уровнем в системе моделей с экологической точки зрения является региональный, поскольку все другие уровни не решают самостоятельных экономико-экологических задач, а пользуются информацией регионов, связанной с затратами на охрану окружающей среды.

Так как региональная модель служит определению первоначального плана производства, то именно на этом этапе важно согласовать экономический план с экологическими возможностями и требованиями региона.

Для определения плана природоохраны в регионе прежде всего необходимо моделирование состояния биосферы, дающее знание о степени ее загрязненности. В таких моделях основное внимание уделяется формализации экологических зависимостей, описывающих процессы разбавления, ликвидации, трансформации загрязнителей в природной среде, а экономические аспекты загрязнения почти не рассматриваются. Трудности описания в экономико-математических моделях экологических процессов объясняется пока еще недостаточной их изученностью в гидрологии и метеорологии. В таких условиях допустимы упрощенные методы моделирования этих процессов, способные дать общее направление развития среды под воздействием техногенного загрязнения.

Решению задачи планирования природоохранных мероприятий в регионе, согласованных с требованиями к качеству окружающей среды и с планом производства, в определенной степени отвечает имитационная региональная модель. Модель позволяет проследить во времени изменения в состоянии водных ресурсов регионов под воздействием сброса промышленно-загрязненных сточных вод и при проведении водоохраных мероприятий. При этом характеристики стоков и водоохраных мероприятий варьируются. По этой модели может быть определена оптимальная программа охраны водных ресурсов региона, требующая минимальных затрат на соблюдение заданных стандартов качества воды в водоемах.

Более детализировано экологическую картину гидросферы региона дает оптимизационная водохозяйственная модель. В ней рассматриваются уже конкретные водоохраные мероприятия: очистка стоков и строительство водохранилищ.

На основе плана экономического развития региона, полученного в системе моделей оптимального планирования, определяются параметры сточных вод, сбрасываемых в водоем, их вид и объем. По этим параметрам далее решается задача, аналогичная задаче водоохранной оптимизации: проверяется соблюдение

ограничений по концентрации загрязнителей в водотоке для всех контрольных заборов. Решение этой задачи, в свою очередь, требует решения задач оптимизации процесса очистки сточных вод, рассмотренных ранее, а именно определения функций затрат на очистку. Функции затрат, вводимые в модель водохозяйственной оптимизации, уже должны быть результатом оптимизации технологии процесса очистки сточных вод – перехода от использования одних очистных сооружений и способов очистки к другим для каждого типа промышленных предприятий. Вероятно, последнюю задачу можно решать и на уровне отраслей, так как характер процесса очистки промышленных сточных вод в большей степени определяется технологией основного производственного процесса, а не региональными особенностями, которые следует учитывать уже при сбросе очищенных сточных вод в водоем.

Объем сточных вод и функции затрат на их очистку являются достаточным для решения модели водохозяйственной оптимизации технико-экономической информации, которая передается из региональной модели системы моделей планирования и моделей оптимизации очистных мероприятий. Кроме того, для реализации модели требуются гидрологические параметры, характеризующие состояние водоемов региона. Если очистных мероприятий недостаточно для обеспечения предельно допустимых концентраций загрязнителей и необходимо строительство водохранилищ, то решается оптимизационная задача на минимум суммарных затрат на проведение комплекса водоохраных мероприятий.

Результаты построения модели водохозяйственной оптимизации, преобразованные в региональные коэффициенты затрат на проведение очистных мероприятий в расчете на единицу производимой продукции, используются в других блоках системы моделей оптимального планирования: межотраслевом балансе развития региона и в модели отраслевого комплекса.

На основе этих коэффициентов может быть построено региональная модель межотраслевого баланса с учетом затрат на природоохрану. Здесь затраты на строительство и эксплуатацию водохранилищ из модели водохозяйственной оптимизации войдут в вектор конечного продукта. Хотя такая модель не входит в систему моделей планирования, она полезна для систематизации всей экономической информации по каждому району и позволяет провести экономико-экологический анализ развития региона.

Развитие принципов построения модели водохозяйственной оптимизации привело к построению модели внутрирайонного размещения производства с учетом природоохранного фактора. В системе модели планирования развития региона эта модель относится к региональному уровню и служит поиску путей совершенствования экономики, раскрытие внутренних резервов регионов и учету их экологических особенностей.

Ограничения на использование природных ресурсов на региональном уровне планирования вводятся для водных ресурсов.

Как видим, на региональном уровне системы моделей в экологическом блоке решают многоплановые задачи. В первую очередь здесь достигается цель охраны природной среды от техногенного загрязнения путем как сопоставления

хозяйственной деятельности в регионе с возможной нагрузкой на экосистему, так и планирование (по результатам такого сравнительного анализа) природоохранных мероприятий. Кроме того, имеют огромное значение информационные связи этого уровня с отраслевыми моделями, способствующие решению экономико-экологических задач в системе моделей планирования развития региона.

Итак, экономическая и экологическая сбалансированность плана достигается следующим образом. В региональных моделях в условиях заданного объема производства определяется оптимальный план природоохранных мероприятий, обеспечивающий соблюдение стандартов качества окружающей среды с минимальными затратами. Но при данном плане производства в регионе такая оптимизация носит ограниченный характер, что может быть преодолено только путем учета состояния природной среды регионов при размещении отраслей. В данной постановке задач это осуществляется путем передачи районных коэффициентов затрат на проведение природоохранных мероприятий в модель верхнего уровня и отраслевые модели, в которых задания на объемы производства с учетом затрат на охрану внешней среды корректируются.

Построение региональных моделей должно отразить специфику каждого района, которая в первую очередь определяется его природными условиями. Однако, несмотря на то, что природные характеристики признаются определяющим фактором, указывающим на необходимость экономического районирования, сами природные ресурсы в большинстве случаев остаются вне предмета регионального моделирования. В разрабатываемой системе моделей оптимального планирования развития региона этот недостаток преодолевается.

Ограничения на использование водных ресурсов отлично от ограничений на использование полезных ископаемых прежде всего тем, что в нем должно учитываться не только потребление ресурса, но и возврат его в виде сточных вод, спускаемых в водоемы. К тому же в отличие от полезных ископаемых, связанных в общем случае только с одной добывающей отраслью, вода непосредственно потребляется всеми отраслями народного хозяйства. Поэтому в региональные модели должно вводиться ограничение вида

$$\sum_{i=1}^n [a_{0i}^k(t) - v_i^k(t)] X_i^k(t) \leq G_p^k(t) - \bar{G}_0^k(t),$$

где  $a_{0i}^k(t), v_i^k(t)$  - соответственно коэффициенты объема потребляемой свежей и спускаемой сточной воды на производство единицы  $i$ -й продукции в регионе  $k$  в году  $t$ ;  $X_i^k(t)$  - объем производства  $i$ -й отрасли в  $k$ -м районе в году  $t$ ;  $G_p^k(t)$  - расход речной воды (объем воды, проходящей в единицу времени через поперечное сечение реки, км<sup>3</sup>/год);  $\bar{G}_0^k(t)$  - расход речного стока, необходимый для обеспечения гидробиологического, рекреационного режимов рек, рыбного хозяйства, водного транспорта и т.д.

Коэффициенты  $a_{0i}^k$  могут быть найдены путем анализа данных бассейновых инспекций по каждому предприятию района, а также на основе укрупненных норм расхода воды в различных отраслях промышленности. Однако нормы представляют собой показатели водопотребления, усредненные для каждой отрасли, и не отражают региональных различий. Кроме того, укрупненные нормы расхода воды установлены в расчете на натуральную единицу каждого вида продукции по номенклатуре, отличной от рассматриваемой в системе моделей.

Самостоятельной задачей является исследование зависимости коэффициентов  $a_{0i}^k(t)$  от индексов  $k$  и  $i$ . Различия значений коэффициентов по регионам обуславливаются следующими факторами: а) состоянием водных ресурсов в регионе – собственно территориальный фактор; б) технологией основных производственных процессов отрасли – производственный фактор.

Очевидна взаимосвязь этих факторов: в регионах с напряженным водным балансом предприятия в ряде случаев вынуждены изменять технологию производства с целью снижению коэффициента  $a_{0i}^k(t)$ . Наряду с этим можно наблюдать и действие каждого фактора в отдельности. Так, потребление воды на единицу продукции при одной и той же технологии производства может колебаться по предприятиям в широком диапазоне в зависимости от водной обеспеченности региона за счет внедрения систем оборотного водоснабжения, замены водяного охлаждения агрегатов воздушным и т.д.

Колебания коэффициента  $a_{0i}^k(t)$  в пределах одного региона в зависимости от технологии основного производства столь же значительны. Существенно также влияние на коэффициенты водопотребления обеспеченности региона исходным сырьем.

Кроме этих двух основных факторов, на коэффициенты  $a_{0i}^k(t)$  влияет множество других: внедрение систем оборотного водоснабжения, многократное использование сточных вод, безводная технология. Действие указанных факторов нельзя однозначно относить к особенностям водных ресурсов данного региона, поэтому неизбежен разброс коэффициентов и по предприятиям одной отрасли одного региона.

На динамику коэффициентов  $a_{0i}^k(t)$  влияют следующие факторы: а) абсолютное снижение расхода воды на производство единицы продукции за счет внедрения новых технологий. В последнее время одним из критериев эффективности технологических процессов становится водоемкость производства. Для учета этого показателя разрабатываются прогнозы снижения норм водопотребления, отражающие сроки перехода всех предприятий на достигнутый уровень водоемкости на передовых предприятиях, а также включающие прогнозы появления новых технологий; б) развитие оборотного водоснабжения. Одним из основных путей рационального использования природных ресурсов является переход на использование оборотных вод.

В настоящее время уже достигнуто значительное снижение потребления водных ресурсов благодаря оборотному водоснабжению. Кроме оборотного использования воды, фактором, снижающим ее потребление, является повторное и, более того, многократное использование сточных вод. Отработанная вода в ряде производственных процессов может быть далее использована в процессах, требующих менее качественной воды. Например, промышленные и бытовые сточные воды после соответствующей очистки используются в сельском хозяйстве для орошения полей.

Эти направления являются крупным резервом экономии водных ресурсов. Отражение их в экономических моделях возможно на основе прогнозов развития оборотного водоснабжения и повторного использования воды для каждой отрасли народного хозяйства, учитывающих как эффективность технических средств реализации оборотного водоснабжения, так и масштабы распространения таких возможностей снижения потребностей в свежей воде.

Все рассмотренные здесь проблемы формирования коэффициентов водопотребления должны быть решены и для коэффициентов водоотведения  $v_i^k(t)$ ; их разность дает основной показатель ограничения на использование водных ресурсов – безвозвратное водопотребление.

Правая часть ограничения показывает тот объем воды, который может быть использован в отраслях, рассматриваемых в модели, т.е. показатель не включает ресурсы воды, необходимые для обеспечения гидробиологического и рекреационного ресурсов рек, рыбного хозяйства и др. Поскольку в соответствии с характером модели показатель  $G_p^k(t)$  должен измеряться в км<sup>3</sup>/год, то необходимо также решение вопроса об усреднении нестационарного режима рек.

Анализ сформированных на практическом материале показателей наличия и использования воды дает возможность определить значимость каждого ограничения на водные ресурсы в системе моделей оптимального регионального планирования.

### Список литературы

1. Информационные технологии в моделировании и автоматизации экономических процессов / Под ред. Бакаева А.А., Киев: Институт кибернетики им. Глушко, 1998.
2. Пушкарь А.И. Концепция моделирования управляемого развития производственно-экономических систем, Донецк, 1997.
3. Султан К.В., Кваша І.В. та ін. Методологічні аспекти розробки та практичного застосування макроекономічних моделей (на прикладі України), Київ: КМАcademia, 2000.
4. Информационные технологии в моделировании экономических процессов переходного периода / Подмогильный С.А., Безнюк К.М. и др., Киев: Таки справы, 2000.