
ФАКТЫ, ОЦЕНКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

УДК 502.17(1/9)

ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ВОДНОГО БАССЕЙНА: МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

О.П. Бурматова

Институт экономики и организации
промышленного производства СО РАН
E-mail: burmatova@ngs.ru

Статья посвящена анализу возможного негативного антропогенного воздействия на состояние поверхностных вод в регионе и выбору путей его предупреждения. С этой целью предпринимается попытка включения в общую задачу оптимизации пространственной структуры экономики региона блока условий по охране водных ресурсов. Автор приводит экономико-математическую запись соответствующих условий. Дается их интерпретация и оцениваются возможности использования для анализа влияния антропогенной деятельности на водную среду. Большое внимание уделено региону Нижнего Приангарья в Красноярском крае. В статье описаны специфические особенности данного региона с позиций перспектив воздействия производства на водную среду. Дана характеристика современного состояния развития и рассмотрены стратегические аспекты его дальнейшего формирования.

Ключевые слова: рациональное природопользование, устойчивое развитие, водные ресурсы, экологическая стратегия, борьба с загрязнением воды, экологически чистое производство, экологически ориентированные технологии.

MODELLING OF IMPACT OF REGIONAL ECONOMY ON THE STATE OF THE WATER BASIN

O.P. Burmatova

Institute of Economics and Industrial Engineering
of the Siberian Branch of the RAS
E-mail: burmatova@ngs.ru

This article analyzes the possible negative anthropogenic impact on state of surface waters in the region and the choice of ways to prevent it. For this purpose an attempt is made to include the general problem of optimization of the spatial structure of the economy of the region block of conditions for protection of water resources. The author gives the economic and mathematical notation appropriate conditions. The interpretation of these conditions is given, as well as the possibility of their use for the analysis of the influence of anthropogenic activities on water environment are evaluated. Great attention is paid to

the Lower Angara region. The paper describes the specific features of the Lower Angara region from the standpoint of the impact of the prospects for the development of production on the water environment. It is given the characteristic of the present stage of its development, and considered the strategic aspects of its further formation.

Key words: environmental management, sustainable development, water resources, environment strategy, water pollution control, cleaner production, environmentally oriented technologies.

Рост ограниченности водных ресурсов, ухудшение их качества обуславливают необходимость включения проблем рационального использования и охраны водных ресурсов в число стратегических приоритетов в области региональной экологической политики. Особую актуальность эта проблема приобретает в регионах, испытывающих дефицит поверхностных водных ресурсов и значительные антропогенные нагрузки на водные объекты. Таким образом, использование и охрана водных ресурсов выступает в качестве одного из важных направлений природоохранной деятельности при разработке региональной природоохранной стратегии.

Для выявления возможного негативного антропогенного воздействия на состояние поверхностных вод в регионе и выбора путей его предупреждения нами была предпринята попытка включения в модель выбора хозяйственных решений в регионе с учетом их экологических последствий блока условий по охране водных ресурсов [5]. Цели, задачи и инструмент анализа влияния антропогенной деятельности на водную среду показаны на рис 1.

Основные задачи, на решение которых ориентирован вводимый в модель блок по охране водных ресурсов, предусматривают прогнозирование уровня загрязнения водной среды; выявление экологически допустимых масштабов территориальной концентрации производства с позиций формирования антропогенной нагрузки на поверхностные водоисточники; определение суммарной величины экономического ущерба от загрязнения

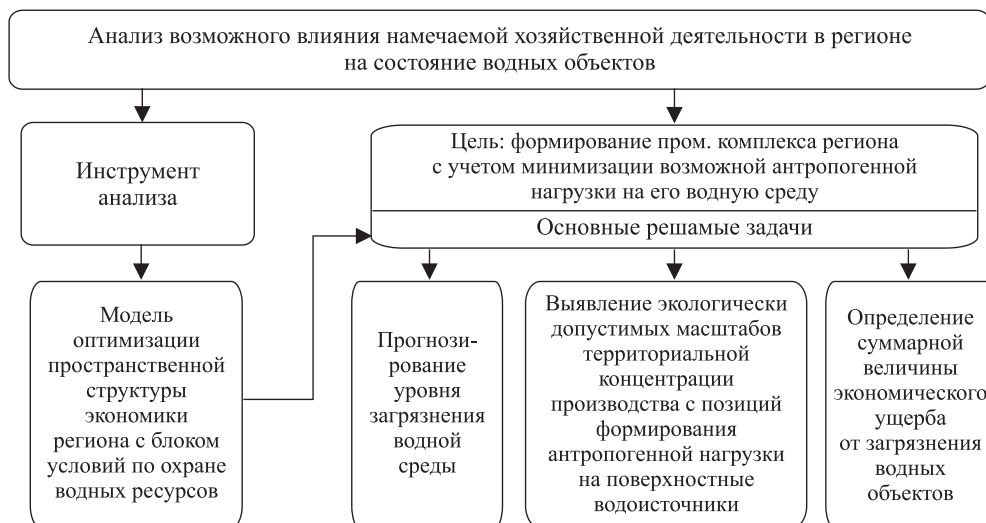


Рис. 1. Цели, задачи и инструмент анализа влияния антропогенной деятельности на водную среду

Условия	Период времени	Вид загрязнения	Источники загрязнений			Сброс загрязнений в водную среду								Знак	Ограничение	
			население	производственные объекты		в пределах норм				сверх допустимых норм						
				x ¹	x ²	x	I		II		I		II			
							1	2	1	2	1	2	1			2
Формирование балансов загрязнения водоемов	1	I	⊗	⊗	⊗	⊗					⊗				=	⊗
		II	⊗	⊗	⊗			⊗			⊗		⊗			
Ограничения на сброс загрязнений	2	I	⊗	⊗	⊗			⊗							≤	⊗
		II	⊗	⊗	⊗			⊗								
Требования неухудшения экологической обстановки	1	I									⊗				≤	⊗
		II									⊗		⊗			
Функционал	2	I									⊗		⊗		≥	0
		II									⊗		⊗			
Функционал			⊗	⊗	⊗	⊗					⊗	⊗	⊗	⊗	→	min

⊗ Ненулевые элементы матрицы

Рис. 2. Блок условий по охране водных ресурсов

водных объектов и др. Подобный блок разработан и апробирован, в частности, для условий Нижнего Приангарья и западной части КАТЭКа [1, 5].

Условия водного блока объединены в следующие группы (рис. 2):

1. Условия формирования балансов загрязнения воды по отдельным видам вредных веществ в каждом из рассматриваемых ареалов в тот или иной период времени.

2. Ограничения на сброс загрязняющих веществ в поверхностные водоемисточники.

3. Условия неухудшения качественного состояния водной среды в каждом ареале с течением времени с учетом возможного накопления вредных веществ в воде и переноса загрязнения по течению рек.

4. Требование минимизации экономического ущерба от загрязнения водоемов.

На рис. 2 показана блок-схема фрагмента модели с блоком условий по охране водных ресурсов. Для примера блок-схема строится для одного ареала, двух периодов времени и двух видов загрязнения в сточных водах. Остановимся подробнее на характеристике экономико-математической записи выделенных условий и рассмотрим, какой круг вопросов может быть решен с их использованием.

Экономико-математическая запись названных условий имеет следующий вид [2, 5] (см. рис. 2, табл. 1).

1. Формирование балансов загрязнения водоемов:

$$P_{qk}^t + \Delta P_{qk}^t = \Phi_{qk}^{t(t-1)} + \Phi_{qk}^t - \Phi_{qk}^t + \sum_j E_{qj}^t x_{jk} + \sum_j E_{qj}^t x_{jk}^t + E_q z_k^t, \quad \forall q, k, k'', t, \quad (1)$$

$$\Phi_{qk}^{t(t-1)} = (1 - \beta_{qk})^t \Delta P_{qk}^t. \quad (2)$$

Объемы переноса загрязнений между соседними промузлами определяются в соответствии с моделью Фелпса–Стритера:

$$\Phi_{qk'k}^t = \alpha_{qk'k} (P_{qk'}^t + \Delta P_{qk'}^t), \quad \Phi_{qkk''}^t = \alpha_{qkk''} (P_{qk}^t + \Delta P_{qk}^t). \quad (3)$$

Подставляя выражения (2), (3) в условия (1), получаем:

$$(1 - \alpha_{qkk''}) (P_{qk}^t + \Delta P_{qk}^t) - \sum_k \alpha_{qk'k} (P_{qk'}^t + \Delta P_{qk'}^t) - (1 - \beta_{qk}) \Delta P_{qk}^{t-1} - \\ - \sum_j E_{qj}^t x_{jk} - \sum_j E_{qj}^t x_{qk}^t - E_q z_k^t = 0, \quad (\forall q, k, k', t). \quad (1a)$$

2. Ограничения на сброс загрязнений в поверхностные водоисточники:

$$P_{qk}^t \leq \frac{G_q^l}{K^l} \left(R_k^t - \sum_j d_j^t x_{jk} - \sum_j d_j x_{jk}^t - dz_k^t \right) \quad (\forall q, l, k, t), \quad (4)$$

$$R_k^t = R_k - W_k - \sum_k W_k^t. \quad (5)$$

Условие (4) с учетом условий (5) и (6) может быть переписано в следующем (более удобном для включения в модель задачи) виде

$$\frac{K^l}{G_q^l} P_{qk}^t + \sum_j d_j^t x_{jk} + \sum_j d_j x_{jk}^t + dz_k^t \leq R_k^t \quad (\forall q, l, k, t). \quad (4a)$$

3. Условия неухудшения экологической ситуации в каждом из промышленных узлов с течением времени:

$$\Delta P_{qk}^t < \Delta P_{qk}^{t-1} \quad (\forall q, k, t). \quad (7)$$

4. Требование минимизации экономического ущерба от загрязнения водоемов:

$$\sum_k \sum_t U_k^t \rightarrow \min, \quad \text{где } U_k^t = \sum_q \sum_k \sum_t g^t u_{qk} \Delta P_{qk}^t \quad (\forall t). \quad (8)$$

Таблица 1

Обозначения модели и их интерпретация

Обозначения	Содержание обозначений
1	2
P_{qk}^t	Объем сброса со сточными водами в пределах допустимых норм вещества q в водную среду ареала (или промузла) k в период времени t
ΔP_{qk}^t	Объем сброса со сточными водами сверх допустимых норм вещества q в водную среду ареала k в период t
$\Phi_{qk}^{(t-1)} (\Phi_{qk'k}^t)$	Величина накопления к моменту t загрязнения вида q , поступившего в водную среду ареала k в период времени $t - 1$
β_{qk}	Коэффициент естественного разложения загрязнения вида q в водной среде ареала k в течение года; τ_t – продолжительность периода t
$\Phi_{qk'k}^t$	Объем поступления (выноса) загрязнения вида q в ареал k (из ареала k) из ареала k' (в ареал k'') в результате естественного переноса веществ

Окончание табл. 1

1	2
$\alpha_{qk'k}(\alpha_{qkk'})$	Степень разложения вещества q в результате транзита на участке реки от арела k' до k (от k до k''). При этом $\alpha_{qkk'} = 10^{-kq\rho_{kk}}$. Здесь k_q – константа скорости окисления вещества q ($k_q > 0$ – для неконсервативных органических веществ); ρ_{kk} – время окисления вещества на участке от k' до k (или время движения воды реки от створа k' до створа k); $\rho_{kk} = R_{kk}/V$, где R_{kk} – расстояние между k' и k ; V – средняя скорость течения реки
x_{jk}	Интенсивность варианта функционирования объекта j в ареале k
x_{jk}^t	Мощность объекта j в ареале k на конец периода t
E_q	Объем выхода загрязнения вида q с бытовыми сточными водами
z_k^t	Объем выхода загрязнения вида q с бытовыми сточными водами
$E_{qj}^t (E_{qj})$	Объем загрязнения вида q , сбрасываемого в водоемы со сточными водами, образующихся на объектах j с фиксированной (нефиксированной) интенсивностью на конец периода t . Объемы выхода вредных веществ с промышленными и бытовыми сточными водами определяются как: $E_{qj}^t = e_{qj} v_j^t$; $E_{qj} = e_{qj} v_j$; $E_q = e_q v$, где $e_{qj}(e_q)$ – конечная концентрация вещества q в сточных водах объекта j (в бытовых стоках). При этом: $e_{qj} = c_{qj}^{\text{нач}} - c_{qj}$; $e_q = c_q^{\text{нач}} - c_q$. Здесь $c_{qj}^{\text{нач}}$ ($c_q^{\text{нач}}$) – начальная концентрация вещества q в сточных водах объекта j (в бытовых стоках); c_{qj} (c_q) – концентрация, на величину которой снижается содержание вещества q в стоках объекта j (бытовых стоках) в результате обезвреживания на очистных сооружениях; v_j^t – объем сточных вод объекта j на конец периода t ; v_j – удельный объем сточных вод объекта j с искомой интенсивностью; v – удельный объем бытовых сточных вод (на 1 тыс. чел.)
G_q^l	ПДК вещества q , относящегося к лимитирующему признаку вредности (ЛПВ) l
K^l	Число вредных веществ, относящихся к одному ЛПВ l
R_k^t	Расход воды в источнике на участке k в период t . $R_k^t = R_k - W_k - \sum_k W_k^t$. Здесь R_k – среднемноголетний расход воды в источнике на участке k ; W_k – объем водопотребления существующими объектами хозяйства в ареале k ; W_k^t – объем забора воды на конец периода t потребителями на участках k' , расположенными выше по течению реки
d_j^t, d_j, d	Объем изъятия стока для целей безвозвратного водопотребления и разбавления сточных вод объектов j и для хозяйственно-питьевого водоснабжения и разбавления бытовых сточных вод. $d_j^t = (\kappa_j - 1)v_j^t + w_j^t$; $d_j = (\kappa_j - 1)v_j + w_j$; $d = (\kappa_j - 1)v + w$. Здесь κ_j (κ) – кратность разбавления отводимых стоков объекта j (бытовых сточных вод); w_j^t – объем водопотребления объекта j в период t ; w_j – удельный объем водопотребления объекта j с искомой интенсивностью; w – удельный объем потребления воды населением (на 1 тыс. чел.)
U_k^t	Величина суммарного экономического ущерба от загрязнения водной среды в ареале k на конец периода времени t
g^t	Коэффициент дисконтирования
u_{qk}	Показатели удельных экономических ущербов от загрязнения водоемов веществом q в ареале k . Показатели удельных экономических ущербов от загрязнения поверхностных водоисточников при сбросе в них вредных веществ в объемах, превышающих допустимые нормы, рассчитываются в соответствии с «Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба» (утв. Госкомэкологией РФ 09.03.1999)

Согласно условию (1а) формирование уровня загрязнения водной среды по тому или иному ингредиенту в каждом промузле осуществляется для каждого расчетного периода времени с учетом следующих факторов:

– объемов сброса вредных веществ с промышленными и бытовыми сточными водами;

- степени обезвреживания загрязнений на очистных сооружениях в зависимости от используемых методов очистки;
- величины накопления загрязнения во времени с учетом фонового;
- объемов естественного переноса вредных веществ между соседними промузлами.

В результате такого представления объемов образования вредных веществ в сточных водах динамика загрязнения в каждом периоде отражается через объем загрязнения, поступившего в водную среду в предыдущем периоде с учетом его возможного накопления в течение данного периода, а также в соответствии с динамикой развития производственной и хозяйственно-бытовой деятельности в каждом промузле.

В описываемом блоке водных ресурсов ограничения на сброс загрязнений в водную среду – условия (4) или (4а) – строятся с учетом:

- показателей ПДК вредных веществ в воде водоемов и лимитирующих показателей вредности, присущих тому или иному веществу;
- эффекта суммации действия различных веществ, относящихся к одному ЛПВ;
- расхода воды в источнике;
- объемов безвозвратного водопотребления;
- требуемой степени разбавления отводимых в поверхностные водоемы очищенных сточных вод.

Условия (7) означают, что объем загрязнения, выделяемый в водную среду того или иного ареала в данный период времени сверх допустимых пределов, не должен превышать соответствующего загрязнения, поступившего в водную среду на конец предыдущего периода, т.е. качественное состояние водной среды в каждом ареале с течением времени не должно ухудшаться. Задавая условия (7), мы получаем возможность манипулировать в определенных пределах с загрязнением, выделяемым сверх допустимых норм, ограничивая его выход с периода $t = 1$ или с более поздних периодов, когда по мере формирования хозяйства региона и наращивания его производственной мощи увеличивается и сброс вредных веществ со сточными водами.

Все перечисленные условия вводимого блока строятся, во-первых, для всех рассматриваемых в задаче видов загрязняющих веществ, содержащихся в промышленных и бытовых сточных водах; во-вторых, для каждой из выделенных в пределах региона территориальных единиц, в качестве которых принимаются промышленные узлы; и, в-третьих, для каждого из расчетных отрезков времени, на которые разбивается весь исследуемый в задаче период прогнозирования.

Как следует из условия (1), весь объем образующегося загрязнения подразделяется на две части - на загрязнение, выделяемое в пределах допустимых санитарных норм, и загрязнение, сбрасываемое со сточными водами сверх допустимого уровня. Такое деление допускает сброс загрязнений в водоемы сверх принятых экологических стандартов в случае отсутствия технических возможностей для обеспечения требуемой степени обезвреживания сточных вод. При этом сброс вредных веществ в водную среду региона (сверх допустимых пределов) будет сопровождаться нанесением ущерба природной среде. Этот факт находит отражение при формирова-

нии целевой функции задачи, представляющей собой минимум, во-первых, приведенных затрат на создание и функционирование всех элементов хозяйства (с учетом дисконтирования) и, во-вторых, величины экономического ущерба, наносимого хозяйству загрязнением водного бассейна. Последний элемент рассчитывается как сумма произведений удельных ущербов от загрязнения водоемов рассматриваемыми ингредиентами сточных вод и объемов загрязнения, поступающих в водную среду сверх принятых нормативов (см. ниже).

Деление объема загрязнения на две части – условие (8) – (сбрасываемых вредных веществ в водные объекты в пределах нормативов и сверх допустимых пределов) позволяет:

1) определить предельные возможности задаваемых условиями задачи систем очистки стоков;

2) определить величину экономического ущерба от загрязнения водоемов и минимизировать эту величину в процессе решения задачи в зависимости от складывающейся производственной и пространственной структуры комплекса;

3) осуществить учет фактора накопления загрязнения, поступающего в водную среду сверх допустимых норм;

4) предусмотреть возможность получения решения задачи в случае невозможности выхода на заданные экологические нормативы.

Если в результате решения выделяемое загрязнение не укладывается в заданные ограничения, то это может служить тревожным сигналом о том, что хозяйственная деятельность в том или ином промузле выходит за экологически допустимые пределы и, чтобы этого избежать, необходимо предпринять определенные дополнительные меры, например:

– ввести в условия задачи новые (экологически более чистые) технологии основных производств на производственных объектах;

– дополнить или заменить на более совершенные задаваемые системы очистки сточных вод;

– предложить другие варианты размещения производств с целью рассредоточения их по территории комплекса для лучшего использования адаптационных механизмов водной среды;

– отказаться от создания тех или иных объектов в промузлах с наиболее напряженной экологической ситуацией или пойти по пути сворачивания производства на отдельных предприятиях до экологически допустимых масштабов и т.д.

В целом включение охарактеризованных условий в модель задачи позволяет решить следующие вопросы:

1) выявить экологически допустимые с точки зрения воздействия на водную среду масштабы развития хозяйственной деятельности в регионе;

2) определить возможности задаваемых условиями задачи систем обезвреживания промышленных и бытовых сточных вод;

3) проанализировать влияние факторов накопления загрязнения и естественного переноса вредных веществ по течению рек на формирование общего уровня загрязнения водоемов в пределах рассматриваемой территории;

4) оценить величину экономического ущерба, который может быть нанесен экономике региона и здоровью населения загрязнением водной среды в случае сброса вредных веществ сверх установленных допустимых норм;

5) проверить, какие изменения в выборе схемы размещения исследуемых производств на территории региона может вызвать учет требований охраны водных ресурсов.

С использованием охарактеризованного блока модели были проведены расчеты, в частности, на материалах Нижнеангарского региона в Красноярском крае. Прежде чем перейти к изложению некоторых результатов реализации описанной модели с включением водного блока на материалах Нижнего Приангарья, рассмотрим подробнее характеристику специфических условий Нижнего Приангарья, влияющих на формирование экологической ситуации по состоянию водного бассейна.

Регион Нижнего Приангарья в Красноярском крае является типичным примером региона нового хозяйственного освоения, который стал объектом самых крупных инвестиций в России в постсоветский период. В настоящее время здесь реализуется инвестиционный проект «Комплексное развитие Нижнего Приангарья» [4, 9], предложен инвестиционный проект «Ангари-Енисейский кластер» [10]. В данном регионе в результате реализации 1-го этапа инвестиционного проекта «Комплексное развитие Нижнего Приангарья» (ИП КРНП) создана опорная база для дальнейшего интенсивного и крупномасштабного хозяйственного развития. Основной причиной инвестиционной привлекательности региона является наличие на его территории разнообразных и нередко уникальных по качеству и масштабам топливно-энергетических и сырьевых ресурсов, включая руды черных, цветных и благородных металлов, углеводородное сырье, разнообразное нерудное сырье, лесные, водные и гидроэнергетические ресурсы. Немаловажную роль играет и имеющийся задел в виде Богучанской ГЭС и наличие определенного инфраструктурного освоения. В частности, есть два железнодорожных выхода в регион (Ачинск–Лесосибирск и Решоты–Карабула), строится железная дорога Карабула–Ярки, построен автомобильный мост через Ангару, целый ряд автомобильных трасс, в том числе автодорога Канск–Кодинск. Можно также назвать имеющиеся проекты соединения Усть-Илимска с Лесосибирском как части Северо-Сибирской железнодорожной магистрали.

Не подлежит сомнению, что большим достоинством начального этапа освоения региона является создание ряда крупных инфраструктурных объектов. Если на первом этапе производство тяготеет преимущественно к Богучанскому промышленному узлу (Богучанская ГЭС, алюминиевый завод и целлюлозно-бумажный комбинат), то в более отдаленной перспективе (до 2020 г.) предполагается строительство новых предприятий в Кодинском промузле (Тагарский ГОК, цементный завод) и в Богучанском (газоперерабатывающий и газохимический заводы). Новые производства намечаются также в Мотыгинском районе (Горевский ГОК, Мотыгинская ГЭС). Второй этап развития Нижнего Приангарья связан, главным образом, с освоением нефтегазовых месторождений Восточно-Сибирского нефтегазового

комплекса (в пределах южной Эвенкии) и поэтому, кроме нескольких промышленных предприятий и объектов транспортной и энергетической инфраструктуры, в пространственном аспекте выходит за пределы собственно самого Нижнего Приангарья. Потребности в финансировании данного этапа оцениваются в 540 млрд руб. Отметим, что современное состояние региона характеризуется низкими темпами экономического развития, инвестиционным кризисом, моноориентацией (ЛПК), высокой долей теневой экономики, стабильным оттоком населения и безработицей.

Несмотря на оказываемое внимание региону и все плюсы названных проектов, последние характеризуются в целом отсутствием комплексности и сбалансированности развития территории, акцентом на развитие преимущественно нижних этажей энергопроизводственных циклов, игнорированием экологических и социальных проблем. Это проявляется, в частности, в отсутствии:

1) комплексности развития территории с позиций формирования и функционирования базовых отраслей экономики данного региона во взаимосвязи с социальной сферой и окружающей природной средой;

2) координации создания и функционирования всех объектов на территории, включая инфраструктуру;

3) стремления к построению инновационной модели развития с учетом постоянной адаптации к требованиям НТП;

4) формирования инфраструктуры местного значения;

5) учета требований охраны окружающей среды и воспроизводства природных ресурсов;

6) подходов к решению сложного клубка социальных проблем, нацеленных в конечном счете на повышение уровня жизни людей;

7) возможности использовать имеющиеся природные ресурсы в интересах не только крупных компаний, но и проживающего в регионе населения (и в целом в контексте целей устойчивого развития – в интересах настоящего и будущего поколений) и др.

Остановимся коротко на проблемах возможного влияния намечаемой хозяйственной деятельности в исследуемом регионе на состояние его водных объектов.

Вопросы загрязнения воды в нижнем течении реки Ангара нельзя рассматривать без учета комплексного анализа всего речного бассейна р. Ангара. Это связано с тем, что уже в настоящее время качественное состояние воды в районе Нижнего Приангарья, где существующая антропогенная нагрузка пока весьма незначительна, в большой мере определяется воздействием загрязнения, формирующегося в верхнем и среднем ее течении. Поэтому решение проблемы улучшения и сохранения требуемого качества воды в низовьях Ангары в значительной степени зависит не только от существующих и будущих масштабов хозяйственной деятельности в пределах самого Нижнего Приангарья и проведения соответствующей системы природоохранных и прочих мероприятий, но и от экологической ситуации на верхнем и среднем участках р. Ангара. Учитывая, что довольно высокий уровень фонового загрязнения верхнего и среднего течения р. Ангара уже негативно отражается на современном качественном состоянии нижнего

участка реки, представляется необходимым первоочередное осуществление водоохраных мер именно в верхней и средней части р. Ангара, принимающей значительный объем загрязненных промышленных и бытовых сточных вод от производственных объектов и населенных пунктов в пределах Иркутской области (прежде всего городов Иркутска, Ангарска, Усолья-Сибирского, Братска, Усть-Илимска). Для регулирования проблем контроля и транзита загрязнений на всем протяжении р. Ангара было бы полезно иметь специальный орган управления.

Если рассматривать бассейн Ангара в целом, то по существующим оценкам почти весь объем сточных вод, поступающих в Ангару и ее притоки, сбрасывается на территории Иркутской области (более 98 %), в то время как доля Красноярского края в общем объеме загрязнения незначительна (менее 2 %) [6]. При этом определяющее влияние на загрязнение р. Ангара в пределах Нижнего Приангарья оказывают сточные воды промышленных предприятий Братска и Усть-Илимска. Так, ниже сбросов Усть-Илимского ЛПК концентрация фенолов в Ангаре достигает 25 ПДК, нефтепродуктов – 10 ПДК, величина БПК_{полн} составляет около 5 мг O₂/л. В отраслевом разрезе основная часть загрязненных сточных вод, поступающих в Ангаро-Енисейский бассейн от промышленных предприятий, приходится на долю объектов целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленности (31,1 %), а также нефтехимической и химической промышленности (27,6 %).

Важной проблемой является прогнозирование качественного состояния водных ресурсов реки Ангара в условиях возможного гидроэнергостроительства. Опыт эксплуатации существующих водохранилищ Ангарского каскада и анализ качества воды в них позволяют предположить, что намечаемые новые водохранилища на нижней Ангаре будут по аналогии с существующими водохранилищами выполнять функцию отстойников-накопителей загрязнений. При этом в случае продолжения сброса загрязненных сточных вод в среднем и верхнем течении р. Ангара возможно резкое ухудшение качества воды в нижнеангарских водохранилищах и на выходах из них. Кроме того, необходимо учитывать, что водохранилища в нижнем течении Ангара будут замыкающими в каскаде, для которого общей тенденцией является последовательное ухудшение качества воды в водохранилищах сверху вниз. Таким образом, прогнозирование хозяйственной деятельности в пределах Нижнего Приангарья должно осуществляться, в первую очередь, с учетом уже довольно высокого фонового загрязнения водной среды.

Рассматривая Нижнее Приангарье через призму реализующегося в настоящее время инвестиционного проекта «Комплексное развитие Нижнего Приангарья», следует отметить, что данный регион, во-первых, получает развитие преимущественно по сырьевому сценарию и, во-вторых, территориальная концентрация производства в его пределах неравномерна: развитие ограничивается лишь двумя промышленными узлами – Богучанским и в более отдаленной перспективе – Кодайским. Это означает, что вопрос о сплошном освоении его территории не ставится, производство предполагается сосредоточивать в отдельных крупных промузлах, что повлечет и рост уровня территориальной концентрации производства в пределах дан-

ных узлов, а следовательно, и увеличение нагрузки на окружающую среду в соответствующих узлах и возможное в связи с этим осложнение в них экологической ситуации.

В перспективе состояние водной среды в Нижнем Приангарье определяется, по крайней мере, следующими основными факторами:

1) особенностями местных природно-климатических условий данного региона (неблагоприятными адаптационными возможностями природной среды) и низкой устойчивостью природных комплексов по отношению к антропогенному воздействию;

2) выбором вариантов возможных технологических решений на потенциальных производственных объектах рассматриваемого региона;

3) низким качественным состоянием воды в верхнем и среднем течении Ангары и необходимостью проведения соответствующей системы водоохраных мероприятий на действующих промышленных предприятиях Иркутской области в бассейне Ангары;

4) воздействием на состояние водных объектов региона водохранилища Богучанской ГЭС, а также возможных будущих водохранилищ, предполагаемых к созданию в связи со строительством новых ГЭС в нижнем течении Ангары;

5) выбором возможной схемы размещения будущих производств в регионе и в целом характером производственной структуры отдельных ареалов и масштабами концентрации в них производства.

Специфика местных условий, влияющих на формирование экологической ситуации на водных объектах Нижнего Приангарья, обуславливает необходимость выхода в регион с технологически совершенными производствами. Так, Нижнее Приангарье характеризуется низким ассимиляционным потенциалом, что обусловлено низкими самоочищающими способностями поверхностных вод и, соответственно, неблагоприятными условиями для окисления органических веществ, а также довольно высоким уже достигнутым уровнем загрязнения воды органикой (в частности, по фенолам, нефтепродуктам и другим органическим веществам). Это усугубляется созданием водохранилищ и нарушением естественного гидрологического режима р. Ангара. Самоочищающие способности р. Ангара уже к настоящему времени в значительной мере исчерпаны, и по ряду загрязняющих веществ (например, взвешенным веществам, фенолам, нефтепродуктам и др.) качество воды не удовлетворяет установленным нормативам, что, в свою очередь, предъявляет особые требования к основным производственным и природоохраным технологиям намечаемых в регионе объектов. К этому следует добавить уже сложившийся довольно высокий уровень фонового загрязнения водной среды в Богучанском и Козинском ареалах, на которые ляжет основная антропогенная нагрузка в результате реализации инвестиционного проекта [5, 8].

Кризисных ситуаций в состоянии окружающей природной среды в Нижнем Приангарье можно избежать при условии недопущения негативных изменений экологического характера, соблюдения принятых экологических требований, обязательного проведения экологических экспертиз любых новых хозяйственных проектов, применения прогрессивных технических и технологических решений. Необходимо создание условий, не только гаран-

тирующих охрану окружающей среды, но и стимулирующих проведение природоохранных мероприятий и вовлечение в хозяйственный оборот природных ресурсов региона.

В ИЭОПП СО РАН накоплен определенный опыт исследований по учету влияния экологических факторов на формирование пространственной структуры хозяйства в районе Нижнего Приангарья [1, 2, 5, 7, 8]. Одним из направлений данных исследований является анализ влияния прогнозируемой хозяйственной деятельности в пределах региона на состояние окружающей среды, в том числе водной, включая изучение возможности создания водохранилищ на р. Ангара и их вклада в изменение процессов накопления загрязнения в поверхностных водах и естественного переноса загрязнений.

Как уже указывалось, с использованием охарактеризованного блока условий модели была проведена серия экспериментальных расчетов на материалах Нижнего Приангарья в Красноярском крае. Анализ выполненных расчетов позволил определить роль включенных в задачу факторов на выбор экологически приемлемых решений с учетом возможных негативных последствий от загрязнения окружающей природной среды и сооружения в нижнем течении р. Ангара крупной Богучанской ГЭС. Для проведения расчетов был использован пакет ЛП-СИСТЕМА, который позволяет решать оптимизационные задачи линейного программирования с помощью модифицированного симплекс-метода. В результате решения была уточнена возможная производственная структура рассматриваемых промышленных узлов Нижнего Приангарья, в пределах которых намечается основная концентрация объектов лесопромышленного и металлургического комплексов.

Условиями задачи на территории Нижнего Приангарья рассматривались:

1) пять промышленных узлов: Кодаинский, Богучанский и Мотыгинский – на Ангаре, Абалаковский и Лесосибирский – на Енисее (рис. 3);

2) около 20 промышленных объектов, включая объекты лесопромышленного комплекса (ЦБК, ГДЗ, ЛДК), горно-металлургические комбинаты и металлургические заводы (алюминиевый, свинцово-цинковый и др.), предприятия химической промышленности и энергетики (табл. 2);

3) пять видов загрязнения: взвешенные вещества, фенолы и хлориды, нефтепродукты и БПКп)¹;

4) три временных периода, каждый по 5 лет.

Временной фактор учитывается прежде всего при определении возможного уровня выхода загрязнений в окружающую среду Кодаинского и Богучанского промышленных узлов, причем его формирование по тому

¹ Информация по выбросам и сбросам загрязняющих веществ была взята, в частности, из отраслевых справочников по наилучшим доступным технологиям (BAT Reference Documents (BREFs)). Разработку справочников (BAT Reference Documents (BREFs)) осуществляет Европейское бюро по комплексному контролю и предотвращению загрязнений при Институте перспективных технологических исследований (г. Севилья, Испания). Все справочники находятся в открытом доступе на сайте Бюро по адресу: <http://eirpcb.jrc.es/reference/>. В настоящее время разработано 26 отраслевых («вертикальных») и 7 «горизонтальных» (раскрывающих общие для ряда отраслей вопросы) справочных документов, 18 из них Европейской комиссией утверждены [1, 6].

или иному ингредиенту в каждом рассматриваемом периоде осуществляется с учетом следующих трех факторов: объемов сброса и выброса вредных веществ с промышленными и бытовыми отходами; уровня очистки выбросов в зависимости от используемых на объекте-загрязнителе технологий; накопления загрязнения во времени с учетом фонового загрязнения.

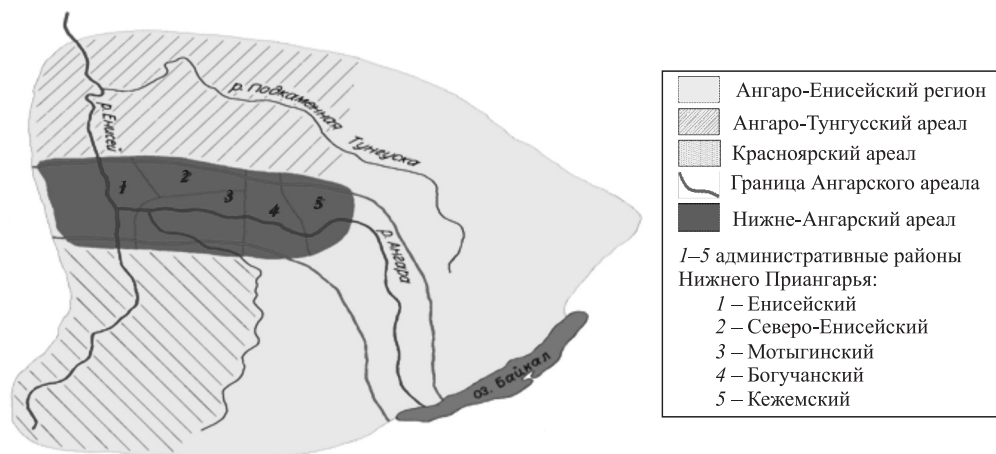


Рис. 3. Ареалы исследования

Таблица 2

Варианты размещения объектов Нижнего Приангарья по ареалам (промышленным узлам) (по условиям задачи)

Объекты	Ареалы (промузлы)				
	Кодинский	Богучанский	Мотыгинский	Лесосибирский	Абалаковский
Целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК) 1: ЦБК2 ЦБК3 ЦБК4	x	x	x	x x	x x
Гидролизно-дрожжевой завод (ГДЗ) 1: ГДЗ 2	x			x	
Лесоперерабатывающий комбинат (ЛДК) 1: ЛДК2 ЛДК3 ЛДК4	x	x		x x	
Татарский ГОК (железородный)	x				
Горевский ГОК (свинцово-цинковый)			x		
Ферросплавный завод (ФРЗ)	x	x		x	x
Свинцово-цинковый завод (СЦЗ)	x	x	x		x
Глиноземный завод (ГЛЗ)		x	x		
Алюминиевый завод (АЛЗ)	x	x			
Медно-химический завод (МХЗ)	x	x			
Нефтехимический комбинат (НХК)	x	x		x	x
Завод по производству искусственного жидкого топлива (ИЖТ)		x			x

Таким образом, динамика загрязнений в каждом из рассматриваемых периодов отражается через поступление вредных веществ в предыдущем периоде времени с учетом его возможного накопления в течение данного периода, также учитывается динамика развития хозяйственно-бытовой деятельности.

Анализ выполненных расчетов позволил определить роль включенных в задачу факторов на выбор экологически приемлемых решений с учетом возможных негативных последствий от загрязнения окружающей природной среды и сооружения в нижнем течении Ангары крупной ГЭС. Охарактеризуем полученные результаты решения.

В процессе исследования была выполнена серия вариантных расчетов, основное содержание отдельных вариантов показано в табл. 3.

Таблица 3

Варианты решений

Варианты решений	Содержание вариантов решений
I	Без учета условий по охране водных объектов
II	Условия варианта I плюс блок условий по охране водных объектов
III	Условия варианта II плюс учет требований неухудшения экологической ситуации в каждом ареале с определенного периода времени
IV	Условия варианта III плюс: <ul style="list-style-type: none"> • убывающая динамика показателей расхода воды в источниках, расположенных на р. Ангара • условия возможного ухудшения исходных кондиций отводимых в поверхностные источники сточных вод
V	Условия варианта IV плюс требования неухудшения экологической ситуации
VI	Условия варианта V плюс учет возможности сокращения объемов расхода воды на четырех из пяти рассматриваемых участках реки (в районе Богучан, Мотыгино, Лесосибирска и Абалаково)

Выбор возможных схем размещения рассматриваемых на территории Нижнего Приангарья производств по отдельным вариантам расчетов характеризуется следующими особенностями. С точки зрения формирования предусмотренной условиями задачи возможной производственной структуры выделенных на территории региона ареалов (промышленных узлов) и создаваемой ими соответствующей нагрузки на водные объекты по результатам решения наиболее напряженная ситуация складывается в Лесосибирском и Мотыгинском промузлах. При этом производственная структура Лесосибирского промузла с позиций возможности сброса загрязнений со сточными водами в поверхностные водоисточники по результатам решения ограничена рассматриваемыми здесь объектами ЛПК, включающего ЦБК, гидролизно-дрожжевой завод и ряд ЛДК. Наряду с этим при задаваемых по условиям задачи вариантах размещения объектов в Лесосибирском промузле, их мощностях и системах очистки сточных вод требуется дальнейшая разгрузка данного промузла для приближения к допустимым уровням сброса в водную среду загрязняющих веществ.

То же самое относится и к Мотыгинскому промузлу, в котором по результатам расчетов ситуация с загрязнением водной среды определяется прежде всего выбором здесь ЦБК. Данное предприятие является самым крупным из всех рассматриваемых в задаче целлюлозно-бумажных комбинатов и его вклад в общий объем загрязнения воды значительно превышает вклад других предприятий, вошедших по результатам решения в состав Мотыгинского промузла (это Горевский ГОК, глиноземный и свинцово-цинковый заводы).

В рамках предложенной постановки задачи в дополнение к названным в табл. 1 вариантам решения была выполнена серия вариантных расчетов, имеющих целью исследование влияния на формирование пространственной структуры Нижнего Приангарья возможных изменений отдельных условий задачи и заданных уровней ряда показателей. В сжатом виде характеристика реализованных в расчетах направлений варьирования условий модели и уровня значений отдельных показателей, а также краткое описание полученных результатов вариантных расчетов сведены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристика вариантных расчетов

Условия модели	Показатели, подвергаемые варьированию	Полученный результат
1	2	3
I. Формирование балансов загрязнения водоемов	1. Показатели выхода конечного загрязнения в сточных водах отдельных предприятий: ЦБК, ГДЗ, НХК и ИЖТ (варьирование осуществлялось в сторону ухудшения исходных кондиций сточных вод)	Происходят изменения в схеме размещения рассматриваемых производств, связанные с увеличением содержания загрязняющих веществ в отводимых сточных водах. Эти изменения можно считать незначительными, что объясняется прежде всего ограниченным набором возможных вариантов размещения исследуемых предприятий. Увеличение сброса загрязнений со сточными водами сопровождается ростом общей величины экономического ущерба от загрязнения водных объектов
	2. Показатели степени разложения неконсервативных органических веществ	Снижение степени разложения загрязняющих веществ (в частности, в Кодинском ареале), связанное со строительством водохранилища Богучанской ГЭС, вызывает, с одной стороны, сокращение объемов выноса загрязнений из данного узла и, с другой стороны, усиление процессов накопления вредных веществ в водной среде соответствующего ареала. Соотношение этих двух процессов, а также исходных объемов загрязнения в ареалах, между которыми имеет место транзит загрязняющих веществ (например, из Кодинского в Богучанский), и определяет конечный уровень загрязнения в каждом из рассматриваемых ареалов. При этом в Кодинском ареале сброс загрязнения в воду несколько увеличивается

Продолжение табл. 4

1	2	3
		То же самое характерно и для другой пары соседних ареалов, между которыми может быть создано водохранилище (Богучанский и Мотыгинский)
	3. Расчеты с учетом (и без учета) фактора накопления загрязнения	Наблюдается некоторое увеличение общего уровня загрязнения водной среды в районе Кординского и Богучанского ареалов в связи с созданием Богучанского водохранилища и в перспективе – водохранилища Нижнеангарской ГЭС
	4. Расчеты с учетом (и без учета) фактора естественного переноса загрязнений	Обостряется экологическая ситуация с загрязнением водных объектов в Лесосибирском промышленном узле и, соответственно, возрастает величина экономического ущерба, причиняемого в данном узле загрязнением водного бассейна. В остальных ареалах заметного увеличения общего уровня загрязнения водной среды не происходит
II. Ограничения на сброс загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты	Варьирование каких-либо показателей не осуществлялось	
III. Условия неухудшения экологической ситуации в каждом из пром-узлов с течением времени	1. Расчеты без включения данных условий в модель задачи	В процессе оптимизации пространственной структуры хозяйства Нижнего Приангарья активно участвуют показатели экономического ущерба от загрязнения воды, оказывая влияние на выбор вариантов размещения рассматриваемых объектов (усиливается рассредоточение производства по территории региона) и выбор вариантов их строительства (предпочтение имеют варианты с более поздними сроками начала строительства и функционирования отдельных предприятий)
	2. Включение соответствующих показателей с первого периода времени ($c_i = 1$)	В этом случае сверхнормативный сброс загрязняющих веществ не должен превышать уровня исходного фонового загрязнения, что оказывается невыполнимым требованием (в рамках условий поставленной задачи), т.к. выделяемый объем загрязнения не укладывается в заданные нормативы
	3. Включение соответствующих показателей с периода времени, когда вступают в строй основные объекты-загрязнители	Имеет место выбор таких вариантов строительства ряда объектов (ферросплавный, свинцово-цинковый заводы, Горевский ГОК и завод ИЖТ), по которым создание и функционирование соответствующих объектов начинается по возможности раньше. Это обеспечивает к началу второй половины периода прогнозирования максимально возможный сброс загрязнения. При этом происходит почти двухкратное увеличение величины экономического ущерба от загрязнения воды

Окончание табл. 4

1	2	3
IV. Целевая функция	Расчеты с учетом показателей экономического ущерба от загрязнения водоемов отдельно по видам использования последних (хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения, а также в совокупности)	Происходят изменения в выборе вариантов сроков строительства отдельных объектов (ферросплавный, глиноземный и алюминиевый заводы, Горевский ГОК, завод ИЖТ) в сторону смещения начала их строительства ближе к концу периода прогнозирования

Анализ выполненных расчетов с использованием предложенного модельного аппарата позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Решение показало необходимость деконцентрации производства на территории региона (путем отказа от создания крупных промышленных узлов и суперкрупных объектов, рассредоточения производства по территории с целью лучшего использования адаптационных механизмов водной среды). В этом случае прогнозируемая экологическая ситуация в выделенной части Нижнего Приангарья характеризуется удовлетворительным уровнем загрязнения водной среды, хотя и наблюдается некоторое превышение установленных норм, что сопровождается нанесением соответствующего экономического ущерба.

2. В перспективе основную нагрузку на водную среду Нижнего Приангарья следует ожидать со стороны прежде всего объектов лесопромышленного комплекса (целлюлозно-бумажных и гидролизно-дрожжевых заводов). Доля данных объектов в общем объеме загрязнения сточных вод всех рассматриваемых на территории региона предприятий является преобладающей: более 90 % по взвешенным веществам и около 98 % – по фенолам и хлоридам.

3. При заданных условиях задачи технологиях производства совместное решение вопросов охраны водной среды и размещения объектов-гигантов представляется проблематичным, в связи с чем требуется сокращение единичных производственных мощностей ряда рассматриваемых предприятий, прежде всего целлюлозно-бумажных комбинатов. По нашим расчетам, оптимальный размер единичных мощностей ЦБК в районе Нижнего Приангарья в целях сохранения заданного качества водных ресурсов не должен превышать 300–400 тыс. т. Об этом свидетельствуют и данные из мировой практики создания и функционирования подобных объектов (несмотря на наличие отдельных исключений).

4. Результаты решения показали, что даже на таких реках, как Ангара и Енисей, со значительными показателями расхода воды этот фактор не обеспечивает посредством разбавления доведение исходных кондиций отводимых сточных вод до установленных нормативов (при задаваемых условиях задачи масштабах, составе, технологиях производства и вариантах размещения рассматриваемых объектов). То есть возможности использования водных ресурсов региона для разбавления сточных вод как дополнительной меры по доведению их исходных кондиций до установленных нормативов ограничены. В условиях повышенного фонового уровня за-

грязнения воды ее качественное состояние уже в настоящее время по ряду показателей (нефтепродукты, фенолы, взвешенные вещества, медь и др.) не удовлетворяет санитарным нормам. Это, в свою очередь, обуславливает повышенные требования к технологиям производства и технологиям очистки стоков на размещаемых в регионе объектах и требует осуществления комплекса природоохранных мероприятий в городах, расположенных в верхнем и среднем течении Ангары с целью сокращения сброса стоков действующими предприятиями.

5. Учет фактора накопления загрязнения, осуществлявшийся в Кодинском промузле в связи с созданием водохранилища Богучанской ГЭС и в Богучанском ПУ в связи с возможным строительством Мотыгинской ГЭС (после 2020 г.), показал, что вклад накопления загрязнения в формирование общего уровня загрязнения водной среды в соответствующих ареалах пока незначителен. Это объясняется тем, что по условиям задачи основные объекты-загрязнители (ЦБК и др.) вступают в строй на полную мощность к концу прогнозируемого периода. В результате накопление загрязнения происходит по существу в течение только последнего периода времени и его доля в общем объеме загрязнения оказывается незначительной.

6. Учет фактора естественного переноса загрязнений между соседними промузлами свидетельствует о его влиянии на формирование балансов загрязнения воды в Лесосибирском промузле, куда переносится загрязнение из вышерасположенных Абалаковского и Мотыгинского узлов. Поскольку в Лесосибирском промузле и без того складывается напряженная экологическая ситуация (особенно по загрязнению фенолами и хлоридами), то дополнительное поступление загрязнения в результате естественного переноса еще более усугубляет положение, что из-за ограниченных возможностей разгрузки Лесосибирского узла приводит к росту величины наносимого этим загрязнением экономического ущерба. В остальных промузлах фактор естественного переноса вредных веществ не оказывает заметного влияния на формирование общего уровня загрязнения водной среды, так как из-за высокой скорости движения воды загрязняющие вещества в значительной степени проходят транзитом по течению рассматриваемых рек.

Факторы накопления и переноса загрязнений имеют особенное значение при прогнозировании качества воды в нижнем течении Ангары. В настоящий момент нагрузка на водную среду в Кодинском и Богучанском ареалах незначительна, она формируется в основном за счет сброса неочищенных сточных вод в небольших объемах, а также судоходства и лесосплава и в большей мере приходится на верхнее и среднее течение реки. Однако создание водохранилища сопровождается застаиванием речных вод, вследствие чего загрязнения, перенесенные из расположенных выше участков, совместно с загрязнениями, образующимися непосредственно в самом Кодинском промузле, будут накапливаться, а это приведет к существенному снижению качества воды.

7. Реализация заданной условиями задачи производственной программы сопровождается загрязнением поверхностных водных объектов региона сверх допустимых норм, что обуславливает нанесение определенного экономического ущерба, величина которого оценивается по вариантам решения от 3,6 до 22,0 млрд руб. в год (в зависимости от вариантов разме-

щения объектов-загрязнителей, производственной структуры выделенных промузлов и других факторов). При этом по условиям задачи требование минимизации ущерба работает как один из основных инструментов выбора схемы размещения объектов. Под влиянием данного требования возникают и определенные изменения в выборе вариантов сроков строительства отдельных объектов-загрязнителей (происходит сдвиг начала их строительства вперед).

В целом формирование Нижнего Приангарья при условии строгого соблюдения действующих экологических стандартов обуславливает необходимость: а) выхода на новые эколого-ориентированные технологии производства; б) пересмотра масштабов размещаемых и будущих объектов в сторону снижения единичных мощностей отдельных предприятий-загрязнителей с учетом характера и масштабов их воздействия на окружающую среду; в) более тщательного обоснования числа предполагаемых к размещению в пределах региона промышленных предприятий и их возможной концентрации по промышленным узлам.

Таким образом, специфика рассматриваемого региона такова, что его освоение и формирование производственной и пространственной структуры хозяйства требуют разработки адекватной эколого-ориентированной инновационной политики. Подобная политика должна формироваться как «снизу» (на уровне отдельных объектов), так и «сверху» (на уровне федеральных властей и Правительства Красноярского края) [2, 7, 8]. В первом случае среди экологических инноваций можно назвать, прежде всего, разработку и использование экологически безопасных технологий, включая организацию утилизации отходов; внедрение систем экологического менеджмента на промышленных предприятиях; экологическую сертификацию; формирование экологического маркетинга и т.д. Во втором случае – это учет структурных интересов и возможностей экономики региона в долгосрочной перспективе (что требует отказа от исключительно сырьевого сценария развития); создание инструментария эколого-инновационной деятельности с акцентом на стимулирование внедрения экологически приемлемых технологий; формирование экологических требований к разработке и постоянному совершенствованию технологий; развитие систем лицензирования всех видов деятельности, опасных влияющих на экологическую ситуацию; восстановление института экологической экспертизы; внедрение экологического аудита и др.

Литература

1. *Бегак М.В.* НДТ: эффективно, доступно, продуктивно. Эко-бюллетень ИнЭкА. Новокузнецк: ООО «ИнЭкА-консалтинг», 2009. № 3. С. 16–19.
2. *Бурматова О.П.* Инструментарий оптимизации природоохранной деятельности при прогнозировании развития экономики региона. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2009. 76 с.
3. *Бурматова О.П.* Возможности и ограничения развития Нижнего Приангарья с позиций экологического императива // Реки Сибири. Материалы VI Междунар. конф. «Реки Сибири». Красноярск, 2011. С. 18–21.
4. *Бурматова О.П.* Моделирование охраны водного бассейна в регионе // Проблемы функционирования и развития территориальных социально-экономических

- систем: Материалы VI Всерос. науч.-практ. интернет-конференции. В 2-х ч. Ч. I. Уфа: ИСЭИ УНЦ РАН, 2012. С. 133–138.
5. *Бурматова О.П.* Экологизация производства в свете инновационного развития // Регион: экономика и социология. 2012. № 4. С. 257–277.
 6. *Редникова Т.В.* Понятие «наилучшая существующая технология» в праве зарубежных стран. Экологическое право. 2009. № 4. С. 25–28.
 7. Схема комплексного использования и охраны водных объектов по бассейну реки Ангара. В 6-ти кн. Кн. 2: Оценка экологического состояния и ключевые проблемы водных объектов бассейна реки Ангара. Красноярск: КРОМАЭП, 2008. С. 31.
 8. *Бурматова О.П.* Инвестиционные проекты в Нижнем Приангарье в контексте устойчивого развития. URL: <http://www.myshared.ru/slide/3027>.
 9. Инвестиционный проект «Комплексное развитие Нижнего Приангарья». URL: http://www.sibarea.ru/investment/investment_projects/id/5/.
 10. В Красноярском крае разработан инвестиционный проект «Ангаро-Енисейский кластер»... URL: <http://gnkk.ru/news/in-the-krasnoyarsk-region-developed-an-investment-project-angara-yenisei-cluster-value-272-billion-r.html>.
 11. Распоряжение Правительства РФ от 30.11.2006 № 1708-р (в ред. от 17.03.2010). URL: <http://www.referent.ru/1/152710>.

Bibliography

1. *Begak M.V.* NDT: jeffektivno, dostupno, produktivno. Jeko-bjulleten' InJekA. Novokuzneck: ООО «InJekA-konsalting», 2009. № 3. P. 16–19.
2. *Burmatova O.P.* Instrumentarij optimizacii prirodoohrannoje dejatel'nosti pri prognozirovanii razvitija jekonomiki regiona. Novosibirsk: IJeOPP SO RAN, 2009. 76 p.
3. *Burmatova O.P.* Vozmozhnosti i ogranichenija razvitija Nizhnego Priangar'ja s pozicij jekologicheskogo imperativa // Reki Sibiri. Materialy VI Mezhdun. konf. «Reki Sibiri». Krasnojarsk, 2011. P. 18–21.
4. *Burmatova O.P.* Modelirovanie ohrany vodnogo bassejna v regione // Problemy funkcionirovanija i razvitija territorial'nyh social'no-jekonomicheskijh sistem: Materialy VI Vseros. Nauch.-prakt. internet-konferencii. V 2-h ch. Ch. I. Ufa: ISJeI UNC RAN, 2012. P. 133–138.
5. *Burmatova O.P.* Jekologizacija proizvodstva v svete innovacionnogo razvitija // Region: jekonomika i sociologija. 2012. № 4. P. 257–277.
6. *Rednikova T.V.* Ponjatje «nailuchshaja sushhestvujushhaja tehnologija» v prave zaru-bezhnyh stran. Jekologicheskoe pravo. 2009. № 4. P. 25–28.
7. Shema kompleksnogo ispol'zovanija i ohrany vodnyh ob#ektov po bassejnu reki Angara. V 6-ti kn. Kн. 2: Ocenka jekologicheskogo sostojanija i kljuchevye problemy vodnyh ob#ektov bassejna reki Angara. Krasnojarsk: KROMAJeP, 2008. P. 31.
8. *Burmatova O.P.* Investicionnye proekty v Nizhnem Priangar'e v kontekste ustojchivogo razvitija. URL: <http://www.myshared.ru/slide/3027>.
9. Investicionnyj projekt «Kompleksnoe razvitie Nizhnego Priangar'ja». URL: http://www.sibarea.ru/investment/investment_projects/id/5/.
10. V Krasnojarskom krae razrabotan investicionnyj projekt «Angaro-Enisejskij klaster»... URL: <http://gnkk.ru/news/in-the-krasnoyarsk-region-developed-an-investment-project-angara-yenisei-cluster-value-272-billion-r.html>.
11. Rasporjazhenie Pravitel'stva RF ot 30.11.2006 № 1708-r (v red. ot 17.03.2010). URL: <http://www.referent.ru/1/152710>.