

УДК 330.15

Э. Ц. Садыкова

Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ,
e-mail: ersadykova@binm.ru

Н. Б. Лубсанова

Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ,
e-mail: nlub@binm.ru

А. В. Бильгаев

Институт географических наук и исследований природных ресурсов
Китайской академии наук, Пекин;
Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ,
e-mail: bilgaev@igsnr.ac.cn

УСТОЙЧИВОСТЬ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА: СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ

Ключевые слова: Байкальский регион, озеро Байкал, устойчивое развитие, прогнозирование, нейронная сеть.

Переход к устойчивому развитию Байкальского региона неотъемлемо связан с экологическим состоянием в будущем, поэтому возникает задача прогнозирования социо-эколого-экономического развития региона с учетом природоохранных факторов. Методологический подход к оценке перспектив устойчивого развития Байкальского региона, применяемый нами в исследовании, основан на определении факторов, влияющих на уровень развития экономики, с использованием моделей множественной регрессии. Приведены результаты прогнозирования основных индикаторов экологического и социально-экономического развития Байкальского региона на основе нейронных сетей. Показано, что искусственные нейронные сети могут использоваться для исследования проблем устойчивого развития территорий и принятия решений по перспективному стратегическому развитию экономики регионов, разработке и обоснованию программных мероприятий по экологизации экономики.

E. Ts. Sadykova

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, e-mail: ersadykova@binm.ru

N. B. Lubsanova

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, e-mail: nlub@binm.ru

A. V. Bilgaev

Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy
of Sciences, Beijing
Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, e-mail: bilgaev@igsnr.ac.cn

THE SUSTAINABILITY OF SOCIO-ECOLOGICAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE BAIKAL REGION: STATUS AND FORECAST

Keywords: Baikal region, Lake Baikal, sustainable development, forecasting, neural network.

The transition to the sustainable development of the Baikal region is inseparably connected with its environmental state in the future. Therefore, considering environmental factors, the problem of forecasting the region's environmental and socio-economic development arises, considering environmental factors. In the article, the methodological approach to assessing the prospects for sustainable development of the Baikal region is based on determining the factors affecting the level of economic development using multiple regression models. The results of forecasting the main indicators of environmental and socio-economic development of the Baikal region based on neural networks are presented. The article showed that artificial neural networks can be used for the information needs of studying the sustainable development of territories problems, which is the support in making strategic development decisions of the regional economy, developing, and justifying program measures for the economy greening.

Введение

Растущее осознание человечеством глобальных вызовов, связанных с усиливающейся несбалансированностью экономических, социальных и экологических трендов [1], привело к формированию концепции устойчивого развития [2], сочетающей рациональное использование природных ресурсов, рост экономических и социальных показателей с сохранением благоприятных условий для жизни населения; обеспечение сохранности биологического разнообразия [3]. В 2012–2015 гг. переход к устойчивому развитию окончательно определился как главное направление развития человечества в XXI в., а все документы ООН, связанные с концепцией устойчивости, получили поддержку всех стран мира [4].

Переход к устойчивому развитию Байкальского региона определяется, прежде всего, улучшением экологического состояния природной среды, экологизацией социально-экономического развития. Целью данной статьи является разработка методологического подхода к прогнозированию социо-эколого-экономического развития с учетом природоохранных факторов, основанных на показателях природоемкости: экологоемкости и эко-интенсивности. В качестве метода прогнозирования были использованы нейросетевые модели, в которых по сравнению со статистическими методами не используются усредненные значения.

Результаты прогнозирования необходимы для обоснования целей и задач дальнейшего развития экономики Байкальского региона, разработки и обоснования программных мероприятий при переходе к устойчивому развитию.

Материалы и методы исследования

Статистические методы

В данном исследовании приняты целевые индикаторы, показывающие взаимосвязь между различными составляющими экономики и окружающей среды, и позволяющие получить количественную характеристику влияния экологических, экономических и социальных параметров на развитие Байкальского региона. В качестве целевых индикаторов социально-экономического развития определены следующие показатели: ВРП на душу населения; инвестиции в основной капитал, в % к ВРП; инвестиции в основной капитал на душу населения; уровень безработицы, в %; среднедушевые дохо-

ды населения. К индикаторам экологической напряженности отнесены показатели природоемкости – эко-интенсивность производства по видам загрязнений (объемы загрязнений, производимые всеми видами производственно-хозяйственной деятельности региона за год к объему ВРП) и экологоемкость (экологическая нагрузка, приходящаяся на одного человека по типу загрязнения).

Для определения и оценки основных факторов, влияющих на социально-экономическое и экологическое развитие, были построены модели уравнений множественной регрессии следующего вида:

$$\bar{Y}_x = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3. \quad (1)$$

Проведенный статистический анализ целевых индикаторов с использованием программы Statistica 8.0 позволил выявить основные факторы, влияющие на динамику эколого-социо-экономического развития Байкальского региона.

В целом по Республике Бурятия на основные целевые индикаторы наибольшее влияние оказали 4 фактора:

1. эко-интенсивность по воздуху, т/руб.;
2. производство промышленной продукции на душу населения, руб./чел.;
3. доля населения с доходами ниже прожиточного минимума, %;
4. доля занятого населения в экономике в общей численности населения, %.

По Иркутской области – 6 факторов:

1. производство промышленной продукции на душу населения, руб./чел.;
2. доля занятого населения в экономике в общей численности населения, %;
3. индексы промышленного производства (в % к предыдущему году);
4. сброс загрязненных сточных вод, куб. м;
5. выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников, т;
6. образование отходов производства и потребления, т.

По Забайкальскому краю – 4 фактора:

1. доля занятого населения в экономике в общей численности населения, %;
2. индексы промышленного производства (в % к предыдущему году);
3. производство промышленной продукции на душу населения, руб./чел.;
4. образование отходов производства и потребления, т.

Метод нейронных сетей

Для прогнозирования – социо-эколого-экономического развития Байкальского

региона были выбраны искусственные нейронные сети с автоматическим построением топологии, в частности метод прогнозирования, предложенный в [5], и разработанное на его основе программное обеспечение [6].

В качестве функции активации нейронов в многослойном персептроне используется нелинейная функция сигмоидального типа. Она является непрерывной и выражается в виде униполярной или биполярной сигмоидальной функции [7, 8]. Униполярная функция представляется формулой:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\beta x}} \quad (2)$$

Процесс прогнозирования с помощью нейронной сети состоял из следующих этапов: подготовка исходных данных, обучение нейронной сети с использованием генетического алгоритма, прогнозирование факторных признаков, прогнозирование целевых экологических индикаторов социо-эколого-экономического развития Байкальского региона. Выборкой исходных данных был временной ряд с 1999 г. по 2018 г.

Информационная база основана на материалах гос. статистики, представленной на сайтах Госкомстата РФ и региональных служб государственной статистики [9].

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе работы по программе Statistica 8.0 на основе методов корреляционного анализа были выявлены основные факторные признаки, оказывающие наибольшее влияние на экономику Байкальского региона. Полученные результаты по оценке основных факторов, влияющих на социально-экономическое развитие региона, позволили

построить прогноз целевых экономических индикаторов.

Был проведен ряд экспериментов по долгосрочному прогнозированию основных экономических индикаторов. На рисунках 1, 2, 3 показана динамика расчетных показателей, характеризующих уровень социально-экономического развития Байкальского региона, за период с 2018 г. (факт), 2019 г. (оценка) и прогноз на 2020-2030 гг. соответственно.

Полученные результаты прогноза основных социально-экономических индикаторов Байкальского региона показали следующее. В Республике Бурятия, которая несет наибольшую экологическую нагрузку, обусловленную тем, что 73% общей площади республики входит в состав Байкальской природоохранной территории, к 2030 г. ожидается положительная динамика основных показателей, к которым относится ВРП на душу населения (рост составит 117,8% к уровню 2018 г.); увеличение инвестиционной активности, показателем которой служит доля инвестиций в основной капитал (в % к ВРП), темп роста за 2018-2030 гг. составит 114,1%; инвестиций в основной капитал на душу населения – 108,5%. Достижение оптимального уровня воспроизводства материальных благ и услуг возможно за счет использования конкурентных преимуществ, связанных с тем, что республика может стать модельной территорией, отвечающая основным императивам устойчивого развития. Для этого необходимы условия для развития бизнеса, государственная поддержка инвестиционных проектов, активизация процессов институциональных преобразований, преодоление бедности и создание привлекательных условий для проживания.

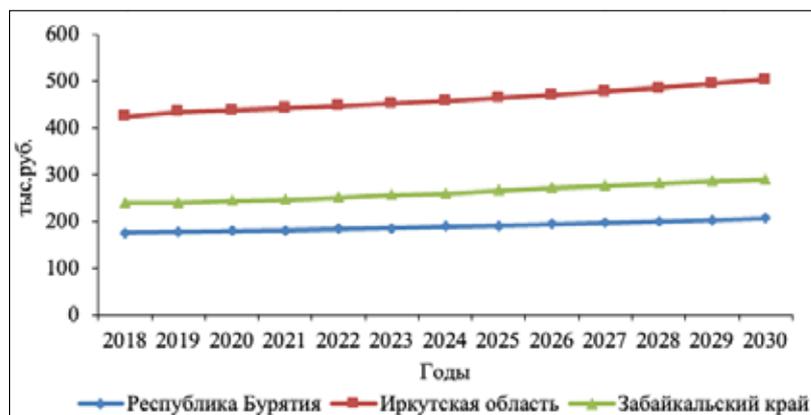


Рис. 1. Прогноз ВРП на душу населения в Байкальском регионе на 2019-2030 гг., тыс. руб.

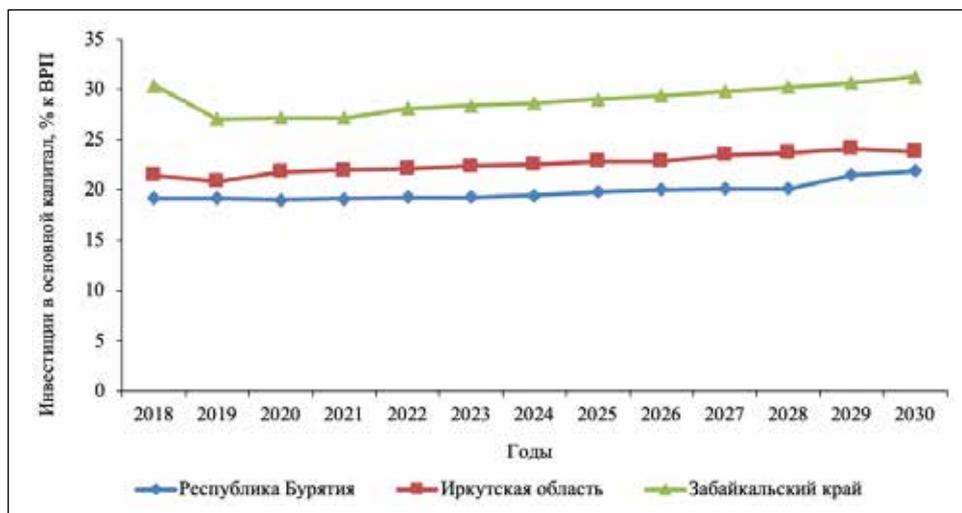


Рис. 2. Прогноз инвестиций в основной капитал Байкальского региона на 2019-2030 гг., в % к ВРП

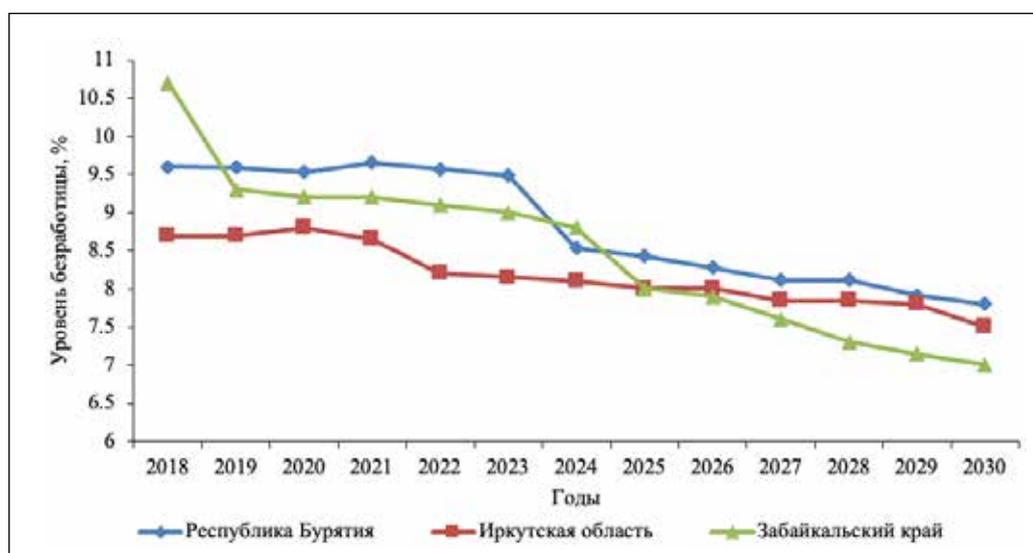


Рис. 3. Прогноз уровня безработицы в Байкальском регионе на 2019-2030 гг., %

В Иркутской области по прогнозу к 2030 г. произойдет рост ВРП на душу населения на 18,6% по сравнению с 2018 г., в Забайкальском крае увеличение составит 20,72%. Прогнозируемый темп роста инвестиций в основной капитал (в % к ВРП) в Иркутской области составит 111,7%, в Забайкальском крае – 102,7%. Прогнозные темпы роста объема инвестиций в основной капитал на душу населения в Иркутской области и Забайкальском крае составят 101,4% и 112,7% соответственно.

Трудовой тренд в Байкальском регионе будет иметь положительную направленность. За счет роста численности населения, что явится результатом естественного прироста

населения и стабилизацией миграционного движения за счет мер, направленных на снижение общей безработицы, особенно в сельских муниципальных районах, и развитием всех форм малого бизнеса, произойдет общее снижение уровня безработицы. Так, снижение безработицы в Республике Бурятия за прогнозируемый период составит 81,3% или на 18,7%, в Иркутской области – 86,2% или на 13,8% и в Забайкальском крае – 65,4%. Основными факторами, повлиявшими на изменение уровня безработицы, явились: во-первых, увеличение доли занятого населения в общей численности населения; во-вторых, прогнозируемым увеличением доли численности работников, занятых на малых предприятиях.

Таблица 1

Экологические индикаторы и их факторные признаки для Республики Бурятия

Показатель	Факторы	
Экологоемкость воздуха (общий объем загрязнений на душу населения), кг/чел.	1	ВРП на душу населения, руб./чел.
	2	Среднедушевые доходы населения, руб./чел.
Экологоемкость водных ресурсов (общий объем сточных вод на душу населения), куб.м/чел.	1	Производство. промышленной продукции на душу населения, руб./чел.
	2	Доля населения с доходами ниже прожиточного минимума, в %
Экологоемкость отходов (общий объем отходов на душу населения), кг/чел.	1	Инвестиции в основной капитал на душу населения, руб./чел.
	2	Доля занятого населения в экономике в общей численности населения, %
	3	Уровень безработицы, %
Эко-интенсивность воздуха, т /руб.	1	Среднедушевые доходы населения, руб./чел.
	2	Производство. промышленной продукции на душу населения, руб./чел.
	3	Уровень безработицы, %
Эко-интенсивность водных ресурсов, т/руб.	1	ВРП на душу населения, руб./чел.
	2	Среднедушевые доходы населения, руб./чел.
Эко-интенсивность отходов, т/руб.	1	Инвестиции в основной капитал на душу населения, руб./чел.
	2	Доля занятого населения в экономике в общей численности населения, %
	3	Уровень безработицы, %

Таблица 2

Экологические индикаторы и их факторные признаки для Иркутской области и Забайкальского края

Показатель	Факторы
Экологоемкость воздуха (общий объем загрязнений на душу населения), кг/чел	1. ВРП на душу населения, руб./чел.
Экологоемкость водных ресурсов (общий объем сточных вод на душу населения), куб.м/чел.	2. Инвестиции в основной капитал, в % к ВРП.
Экологоемкость отходов (общий объем отходов на душу населения), т/чел.	3. Инвестиции в основной капитал на душу населения, руб./чел.
Эко-интенсивность воздуха, т /руб.	4. Производство промышленной продукции на душу населения, руб./чел.
Эко-интенсивность водных ресурсов, т/ руб.	5. Доля занятого населения в экономике в общей численности населения, %.
Эко-интенсивность отходов, т/ руб.	6. Уровень безработицы, %.
	7. Среднедушевые доходы населения, руб./чел.
	8. Индексы промышленного производства (в % к предыдущему году).

К числу основных показателей, характеризующих уровень социального развития и качества жизни населения, относится показатель «среднедушевые доходы населения». Результаты прогноза данного индикатора показали, что реализация стратегических направлений по повышению уровня жизни населения Байкальского региона позволит снизить финансово-имущественное расслоение жителей республики; при этом уровень среднедушевых доходов населения увеличится на 21,1% в Республике Бурятия; Иркутской области и Забайкальском крае соответственно на 29,9% и 31,6%.

Как уже отмечалось выше, важнейшим показателем, характеризующим изменение экологической ситуации в регионах, является природоемкость. Данный показатель отражает в целом уровень и степень антропогенного воздействия на окружающую природную среду. К нему относятся показатели эко-интенсивности или интенсивности загрязнений и экологоемкости, которые показывают силу воздействия на окружающую среду вследствие хозяйственной деятельности.

Методом корреляционного анализа были определены факторные признаки, оказы-

вающие наибольшее влияние на каждый из экологических индикаторов Республики Бурятия (таблица 1).

Также были определены факторы, влияющие на экологические индикаторы Иркутской области и Забайкальского края (таблица 2).

Были проведены эксперименты по долгосрочному прогнозированию целевых индикаторов экологичности и эко-интенсивности.

Результаты, полученные в ходе построения прогноза индикаторов экологичности Байкальского региона, динамика расчетных показателей, характеризующих уровень загрязнения окружающей среды: экологичности воздуха, сточных вод и отходов за 2018 г. и прогноз на 2019-2030 гг. соответственно, представлены на рисунках 4, 5, 6.

Как показывают результаты прогноза экологичности воздуха в Байкальском регионе к 2030 г. ожидается положительная динамика. В Республике Бурятия снижение составит на 35,51 кг/чел. или на 30,9% к уровню 2018 г.; в Иркутской области – на 95,2 кг/чел. или на 34,6%; в Забайкальском крае – на 34,7 кг/чел. или на 34,3%.

Результаты прогноза экологичности сточных вод свидетельствуют о снижении к 2030 г. данного показателя по Бурятии на 65%, в Иркутской области и Забайкальском крае – 72,5% и 74,2%. Динамика этого индикатора будет носить неустойчивый характер в силу ряда объективных причин, к которым следует отнести увеличение объемов сбросов загрязняющих веществ и увеличение темпов роста промышленного производства.

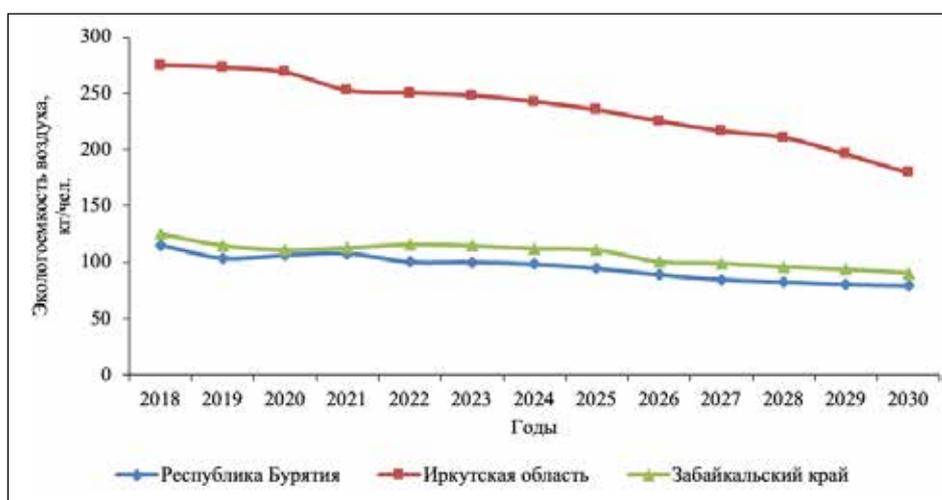


Рис. 4. Прогноз экологичности воздуха в Байкальском регионе на 2019-2030 гг.

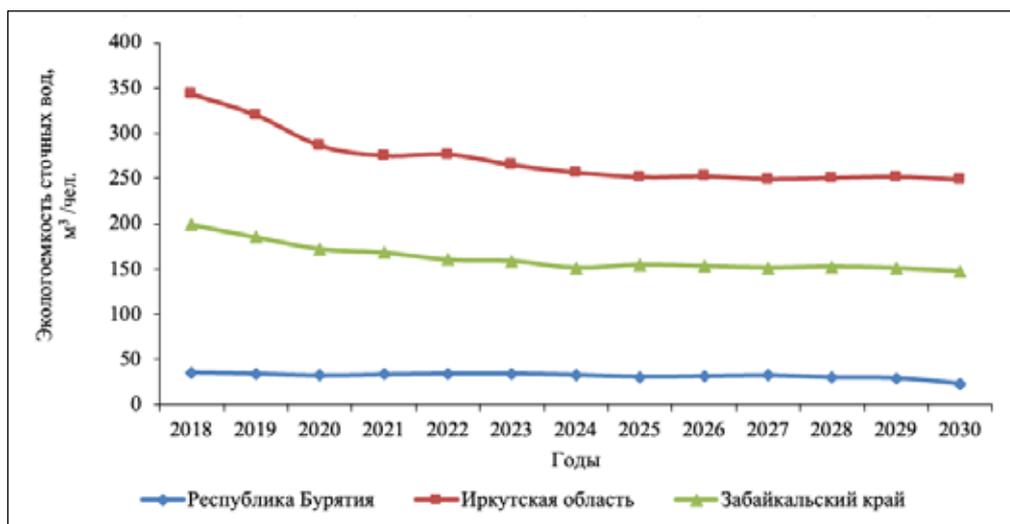


Рис. 5. Прогноз экологичности сточных вод в Байкальском регионе на 2019-2030 гг.

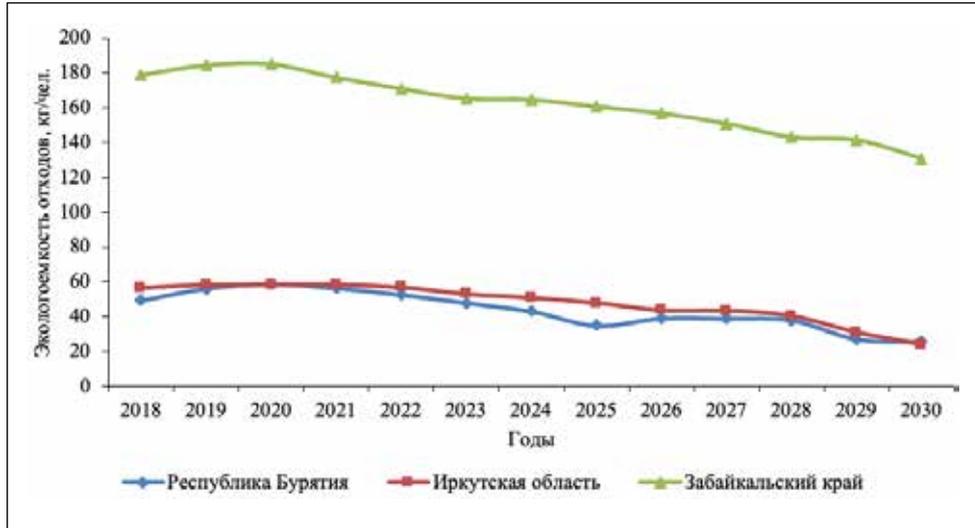


Рис. 6. Прогноз экологической нагрузки отходов в Байкальском регионе на 2019-2030 гг.

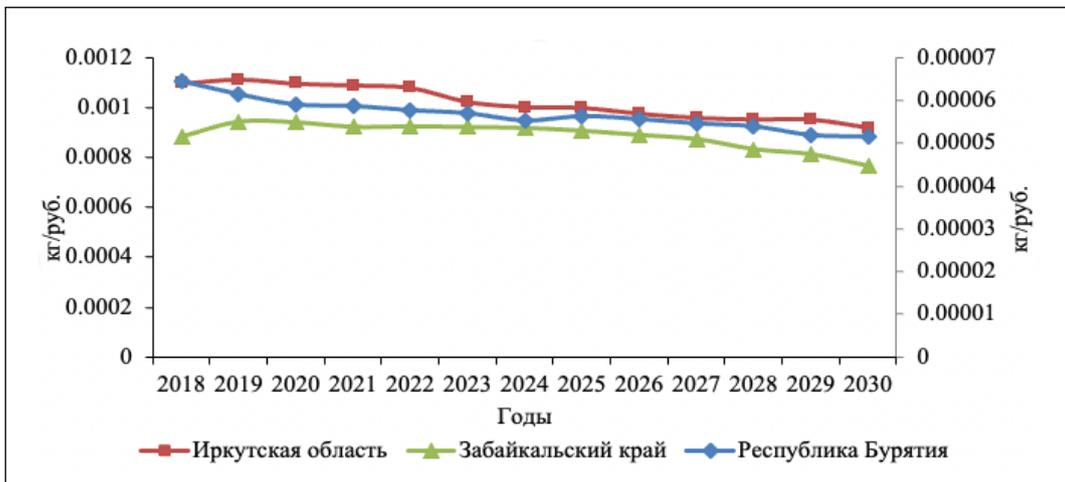


Рис. 7. Прогноз эко-интенсивности воздуха в Байкальском регионе на 2019-2030 гг.

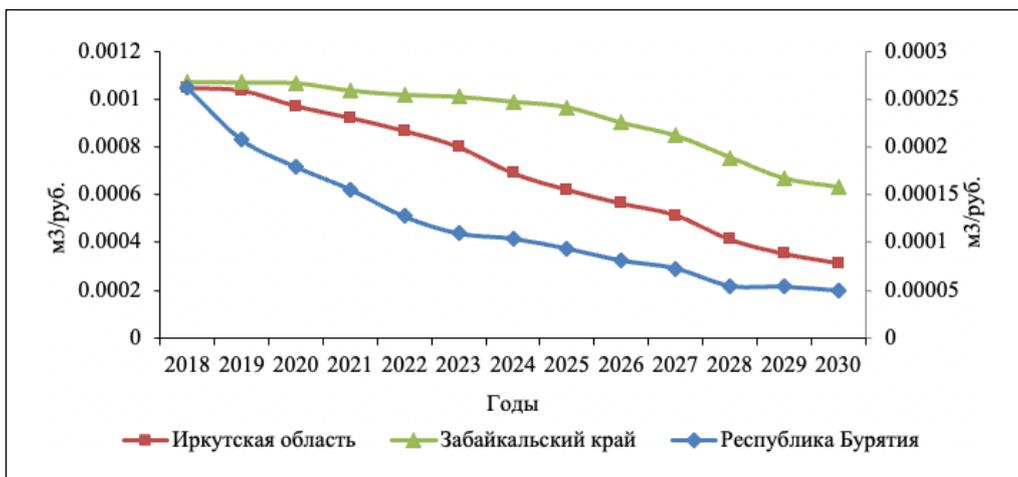


Рис. 8. Прогноз эко-интенсивности сточных вод в Байкальском регионе на 2019-2030 гг.

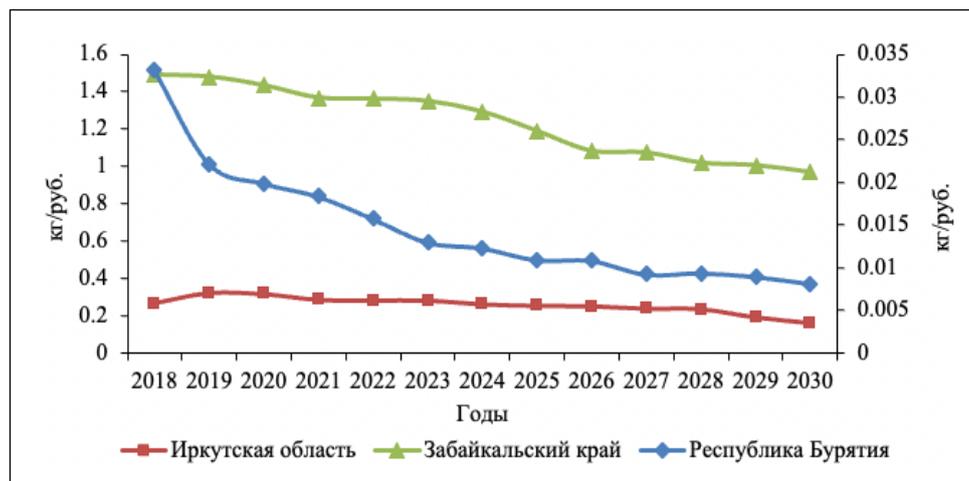


Рис. 9. Прогноз эко-интенсивности отходов в Байкальском регионе на 2019-2030 гг.

Положительным фактором можно считать, что построенный прогноз экологоемкости отходов в Байкальском регионе будет иметь тенденцию к снижению, вследствие проводимых мероприятий по утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления.

На рисунках 7, 8, 9 показана динамика расчетных показателей, характеризующих уровень загрязнения окружающей среды: эко-интенсивности воздуха, сточных вод и отходов за анализируемый прошедший период за 2018 г. и прогноз на 2019-2030 гг. соответственно.

По результатам полученного прогноза эко-интенсивности воздуха в Байкальском регионе можно сделать следующие выводы. В Республике Бурятия к 2030 г. ожидается положительная динамика, произойдет снижение эко-интенсивности воздуха. В Иркутской области и Забайкальском крае на фоне общего прогнозного снижения данного индикатора по ряду лет будет наблюдаться незначительное его увеличение. Основная причина заключается в том, что в отдельные прошлые годы, предшествующие прогнозному периоду, наблюдалось достаточно значительное увеличение выбросов в атмосферу загрязняющих веществ как в Иркутской области, так в Забайкальском крае, что повлияло на полученные результаты.

Прогнозные значения индикатора эко-интенсивности сточных вод в Байкальском регионе на ближайшую перспективу можно оценивать с положительной точки зрения, в целом по региону будет наблюдаться его

снижение. Как показывают полученные результаты прогноза индикатора эко-интенсивности отходов в Байкальском регионе, в Республике Бурятия и Иркутской области произойдет его снижение. В Забайкальском крае в динамике индикатора эко-интенсивности отходов будет наблюдаться неустойчивость, обусловленная инерционностью прошлых лет.

Заключение

Озеро Байкал является мировым экологическим стратегическим ресурсом, значение которого выходит за национальные рамки России и, во многом, его сохранность формирует устойчивое развитие Байкальского региона.

Реализация стратегических направлений в целях перехода экономики на устойчивый путь развития возможна на основе инновационного развития, оптимального использования ресурсного и научно-образовательного потенциала региона, экологизации отраслей экономики Байкальского региона. Результаты проведенного исследования позволили установить, что достижение поставленных целей сбалансированного хозяйственного развития, устойчивости экологического и социально-экономического развития Байкальского региона возможно при государственном регулировании, стимулировании экологосберегающих инноваций, направленных на снижение эко-интенсивности и экологоемкости производства.

В дальнейшем необходимо совершенствовать предложенные подходы к прогно-

зированию региональных социо-эколого-экономических тенденций с учетом новых направлений устойчивого развития и возможности возникновения различных рисков и угроз.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Байкальского института природопользования СО РАН № АААА-А21-121011590039-6 (мнемо-код 0273-2021-0003).

Библиографический список

1. Бобылев С.Н. Новые модели экономики и индикаторы устойчивого развития // Экономическое возрождение России. 2019. № 3(61). С. 23-29.
2. World Commission on Environment and Development. Our Common Future; Oxford University Press: Oxford, USA, 1987. 400 p.
3. Bilgaev A., Dong S., Li F., Hao Ch., Sadykova E., Mikheeva A. Assessment of the Current Eco-Socio-Economic Situation of the Baikal Region (Russia) from the Perspective of the Green Economy Development. Sustainability. 2020. № 12 (9). P. 3767. DOI: 10.3390/su12093767.
4. Бобылев С.Н. Устойчивое развитие: парадигма для будущего // Мировая экономика и международные отношения. 2017. Т. 61. № 3. С. 107-113.
5. Bilgaeva L., Sadykova E., Ochirova G., Zhigdorzhiev V. Neuroevolutionary Forecasting of Innovative Development of the Region with Ecological Regime. Applied methods of statistical analysis: [AMSA]: proceedings of the international workshop. Novosibirsk: Novosibirsk state techn. univ., 2017. P. 49-56.
6. Бильгаева Л.П., Садыкова Э.Ц., Филиппов В.А. «Автоматическое построение топологии нейронной сети с применением мутации активационной функции для решения задачи прогнозирования». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019663738. Дата государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ 22 ноября 2019 г.
7. Haykin S. Neural networks, a comprehensive foundation. N.Y.: Macmillan College Publishing Company, 1994.
8. Osowski S. Sieci neuronowe w ujecin algorytmicznym. Warszawa: WNT, 1996.
9. Регионы России. Социально-экономические показатели 2001–2018. Стат. сб. / Росстат. М., 2002-2020.