

УДК 504

ЗДОРОВЬЕ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ: МОДЕЛИ, ПРОГНОЗ, УЩЕРБЫ

Н.В. Лазарева^{1, 4}, Г.С. Розенберг^{2, 3}, М.А. Аристова², Н.В. Костина²

¹ Самарский государственный экономический университет, Самара

² Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти

³ Кафедра ЮНЕСКО «Изучение и сохранение биоразнообразия экосистем Волжского бассейна» ИЭВБ РАН, Тольятти

⁴ Частное учреждение образовательная организация высшего образования «Медицинский университет «Реавиз», Самара

Резюме. Естественно, что здоровье и качество жизни Человека не может рассматриваться в отрыве от состояния природной среды, в которой этот Человек живет, работает и отдыхает. Целью исследования является попытка показать, тесное взаимодействие, по-видимому, главных наук XXI века – экологии и инноватики и интегрированное влияние на человека. В статье подробно рассмотрены аспекты инновационной деятельности в экологии (экологическое нормирование, новые методы биоиндикации и биомониторинга, утилизации отходов, экологического аудита территории, здоровья населения и др.). Подробно освещены вопросы инновации в управлении природоохранной деятельности, направленные на улучшение качества жизни населения. Нами рассмотрены «с начала до конца» аспекты взаимодействия инноватики и экологии. Главный вывод, необходима программа поэтапных инновационных действий, описывающая содержание и последовательность намечаемых мер и ставящая конечные цели реформы системы управления окружающей средой, деятельностью.

Ключевые слова: Волжский бассейн, региональное устойчивое развитие, валовой внутренний продукт, инновации.

Для цитирования: Лазарева Н.В., Розенберг Г.С., Аристова М.А., Костина Н.В. Здоровье среды и здоровье населения: модели, прогноз, ущербы // Вестник медицинского института «Реавиз». – 2020. – № 2. – С. 112–122.

ENVIRONMENTAL AND PUBLIC HEALTH: MODELS, FORECAST, DAMAGE

N.V. Lazareva^{1, 4}, G.S. Rosenberg^{2, 3}, M.A. Aristova², N.V. Kostina²

¹ Samara State Economic University, Samara

² Institute of Ecology of Volga Basin RAS, Togliatti

³ UNESCO «Chair in Ecosystem Biodiversity Research and Conservation Volga Basin» IEB RAS, Togliatti

⁴ Private Institution of Higher Education 'Medical University 'Reaviz,' Samara

Abstract. Naturally, a person's health and quality of life cannot be considered in isolation from the natural environment in which he lives, works and rests. The aim of the study is to show how the main sciences of the XXI century - ecology and innovation and integrated impact on human beings - seem to interact closely. The article deals in detail with the aspects of innovation. (environmental rationing, new methods of bioindication and bio-monitoring, waste utilization, environmental audit of the territory, public health, etc.). The issues of innovation in environmental management aimed at improving the quality of life of the population are covered in detail. We have considered "from beginning to end" aspects of interaction between innovation and ecology. The main conclusion is that there is a need for a program of phased innovative actions, describing the content and sequence of planned measures and setting the final objectives of the reform of environmental management system, activities.

Key words: Volga river basin, regional sustainable development, Gross Domestic Product, innovation.

For citation: Lazareva N.V., Rozenberg G.S., Aristova M.A., Kostina N.V. Environmental and public health: models, forecast, damage // Bulletin of Medical Institute Reaviz. – 2020. – № 2. – P. 112–122.

Болезни излечивает природа, врач только помогает ей.

Гиппократ (Ἱπποκράτης, Hippocrates;

ок. 460 г. до н. э. – 370 г. до н. э.) –

древнегреческий целитель, врач

(«отец медицины»), философ.

Введение

Здоровье населения – это более или менее понятно (хотя и здесь можно найти много разных определений: от «состояние общества, противоположное болезненному», до «здоровье людей, живущих на определенной территории». А вот *здоровье среды* – это сравнительно новое понятие. Само сочетание слов уже звучит необычно и интригующе. У нас в стране первым пропагандировать и вести исследования по «здоровью среды» стал В.М. Захаров (2000, Захаров и др., 2000; Захаров, Смуров, 2018). «В более узком смысле, по прямому назначению, здоровье среды означает её состояние (качество), необходимое для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ. Оно включает два аспекта:

- обеспечение окружающей природной среды, благоприятной для здоровья человека как биологического организма (это соответствует широко распространенному сейчас термину *environmental health*);
- поддержание здоровья самой природной среды, то есть составляющих её видов живых существ (это соответствует термину *health of environment*)» (Захаров, 2000, с. 13).

Таким образом, концепция здоровья среды направлена на оценку качества окружающей среды по степени ответных реакций составляющих её организмов. При этом *интегральной характеристикой* состояния живых организмов является способность поддержания всех основных функций организма на оптимальном уровне, т.е. *способность сохранения гомеостаза*. Не вдаваясь здесь в глубинную историю вопроса о соотношении здоровья и качества окружающей нас природы (согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), вклад состояния окружающей среды в здоровье населения в сред-

нем составляет 18–22 %; при этом наибольший вклад (50–52 %) вносит образ жизни (национальные особенности, привычки и т.п.); вклад биологического фактора (генетика) оценивается в 20–22 %, а роль медицины – в 7–12 %), заметим, что эпиграф, приведенный выше, свидетельствует о том, что уже древние греки чувствовали и понимали эту связь.

Основные аспекты экологической медицины. По существующим представлениям между традиционной и экологической медициной имеются определенные различия (табл. 1). К тому же, с точки зрения врачебного подхода, традиционная медицина направлена, главным образом, на идентификацию и лечение специфических острых заболеваний или симптомов хронических заболеваний (Лазарева и др., 2015; Rozenberg et al., 2016; Khasaev et al., 2019). При этом процесс диагностики и лечения имеет следующую последовательность:

- сбор анамнеза (совокупность сведений, получаемых при медицинском обследовании путём расспроса самого обследуемого и/или знающих его лиц) заболевания;
- физическое обследование пациента;
- лабораторные и инструментальные исследования;
- формулирование диагноза заболевания;
- лечение заболевания: медикаментозная терапия, хирургическое вмешательство, радиотерапия, психотерапия и пр.

Специалисты в области экологической медицины должны идентифицировать хронические состояния с учетом и устранением причин, которые их могли вызвать. Алгоритм действия врача на первых порах такой же, но затем последовательность его действий отличается:

- собирается анамнез заболевания (хронологически с момента рождения);
- выясняются важнейшие сопутствующие развитию заболевания факторы (генетические, стрессовые);
- уточняется роль активаторов процесса: возможность действия ксенобиотиков, вирусов, бактерий, грибов, аллергенов, физических и социальных факторов и др.;
- выясняется возможная роль медиаторов патологических процессов (например, свободных радикалов);

- проводится комплексное функционально-лабораторное исследование;
- устраняется влияние токсинов;
- проводится коррекция иммунной системы организма, дисфункциональной активности органов и систем (например, желудочно-кишечного тракта и др.);
- даются рекомендации по экологически правильному образу жизни.

Таблица 1

Основные различия между традиционной и экологической медициной

Факторы	Медицина	
	традиционная	экологическая
Понятие о здоровье человека	Расценивает здоровое состояние организма при отсутствии диагностируемого заболевания.	Определяет здоровое состояние организма только в условиях оптимального функционирования органов и систем.
Подход	Недостаточная индивидуальная направленность	Учет биохимической, иммунологической индивидуальности пациента
Влияние окружающей среды	Недоучет влияния экологических факторов	Учет влияния ксенобиотиков, физических факторов и пр.
Лечение	Использование унифицированных схем лечения	Строго индивидуализированное лечение

Надо сказать, что анализ экологически обусловленной патологии урбанизированных территорий осложняется:

- существенными колебаниями интенсивности влияния экологических факторов на ограниченных территориях (промышленные зоны);
- высокой миграционной активностью жителей в пределах города, сочетанием воздействия профессиональных вредностей и загрязнения селитебной зоны;
- наличием многокомпонентного загрязнения среды, нередко с разнонаправленным действием отдельных факторов;
- недостаточной информацией о кумулятивных эффектах и проявлениях воздействия низких доз большинства поллютантов.

Этот далеко не полный перечень приводится лишь для иллюстрации тех трудно-

стей, которые возникают при анализе заболеваемости с экологических позиций – установление тех или иных её особенностей в большинстве случаев *лишь повод для серьезного исследования*. Ряд трудностей в анализе заболеваемости может быть устранен при сравнении таковой у детского и взрослого населения. Наконец, можно привести соображения сугубо экологического плана. Человек находится на вершине трофической пирамиды и выступает в качестве хищника самого высокого порядка. А так как антропогенные воздействия в первую очередь «выбивают» верхние этажи трофической пирамиды, то состояние здоровья человеческой популяции может быть приемлемым индикатором качества окружающей среды.

Таким образом, концепция здоровья среды предполагает развитие нового отношения к окружающей природной среде, согласующегося с формирующимся сейчас в обществе новым этическим подходом: окружающая природная среда не только должна обеспечивать нас необходимыми ресурсами, но и быть здорова для обеспечения, как длительного благополучного существования живой природы, так и для здоровья населения. Оценку здоровья среды возможно проводить по способности к поддержанию всех функций организмов на необходимом уровне – гомеостазу. При этом могут быть полезны биоиндикация, биотестирование, токсикологический контроль, биосенсоры и биомаркеры, анализ гормональных нарушений и мн. др.

Использование экспертных информационных систем в экологии. Существенную роль в повышении эффективности в системе «здоровье населения – здоровье среды» играет информационная составляющая. В Институте экологии Волжского бассейна РАН разработана экспертная информационная система (ЭИС) REGION, в рамках которой впервые реализована динамическая информационная модель территории, отражающая пространственно-временную структуру, состояние и взаимосвязи между отдельными элементами моделируемой экосистемы (Rozenberg, 1995; Костина и др., 2003; Костина, 2005, 2015; Розенберг, 2009). Зарубежных и отечественных аналогов ЭИС REGION авторам не известно.

Объектом анализа экологического состояния может быть, как отдельная административно-территориальная единица (город, область, край, республика), так и любая выделенная формальным или неформальным путем часть земной поверхности (природно-климатическая зона, бассейн реки и т. д.). Фактически, здесь реализуется методологический принцип «экологической матрешки» – в ИЭВБ РАН созданы экспертные системы REGION-VOLGABAS (для всего Волжского бассейна в целом – 1,36 млн км², насе-

ление – более 50 млн чел.), REGION-SAMARA (для Самарской области – 53 тыс. км², население – более 3,3 млн чел.; частично – аналогичные системы для Ульяновской и Нижегородской областей, Республики Башкортостан), REGION-TOGLIATTI (для г. Тольятти – 30 км², население 700 тыс. чел.) и REGION-YAB-OVRAG (для предприятия открытого типа – карьера «Яблоневого оврага» на территории национального парка «Самарская Лука»; площадь – 2,6 км²), что позволило провести комплексный анализ этих социо-эколого-экономических систем (СЭЭС) разной масштабности в целях достижения ими устойчивого развития.

Построение любой экспертной системы по экологии и природоохранной деятельности начинается, как правило, с организации оперативного и многоаспектного доступа к массивам первичных данных мониторинговых исследований. ЭИС включает всю располагаемую совокупность данных мониторинга природной среды и состоит из трех основных компонентов:

- **базы данных (БД)** – «идентифицируемая совокупность взаимосвязанных данных, предназначенных для многоцелевого использования» (ГОСТ 14.413-80, 1984); чаще всего, для рядового пользователя БД представляет собой набор взаимосвязанных таблиц;

- **геоинформационной системы (ГИС)**, преобразующей информацию о территории в виде набора предметных слоев на электронной карте местности и осуществляющей пространственную интерполяцию и визуальный многомерный анализ расчетных показателей;

- **пакета прикладных программ (ППП)**, включающего библиотеку математических методов оценки качества экосистемы и анализа причинно-следственных связей биотических показателей с факторами среды (*data mining and forecasting* – «разведывательный анализ и восстановление зависимостей»).

Пространственно-распределенная информация ЭИС REGION-VOLGABAS охваты-

вает следующий рубрикатор природных компонент (Розенберг, 2009):

- климат территории Волжского бассейна (особенности распределения температуры воздуха и количества осадков, а также ветрового режима);

- географо-геологическое описание (орография, дочетвертичный и четвертичный периоды развития региона, основные черты тектоники) и геохимическая обстановка;

- почвы и ландшафты Волжского бассейна, наличие особо охраняемых природных территорий;

- лесные ресурсы и распределение естественной растительности;

- животный мир Волжского бассейна (видовое распределение и фаунистические комплексы наземных позвоночных и птиц);

- население (демографическая ситуация в Волжском бассейне и степень урбанизации территории);

- гидрология и гидрохимическое качество вод р. Волги и ее водохранилищ;

- гидробиоценозы и их компоненты (фитопланктон, зообентос, водяные клещи, инфузории, микроскопические водные грибы, рыбные запасы бассейна Волги);

- оценки качества воды и степени эвтрофикации волжских водохранилищ по видам-биоиндикаторам.

Обширные рубрики накопленных данных детально описывали распределение по территории техногенной нагрузки и антропогенных воздействий, в том числе:

- загрязнение воздушного и водного бассейнов;

- распределение отходов производства и коммунального хозяйства (включая особо опасные вещества для состояния экосистем и здоровья человека);

- радиационная обстановка, места техногенных аварий и природных катастроф;

- транспортная и рекреационная нагрузки;

- сельскохозяйственная нагрузка (включая распределение по территории бассейна минеральных удобрений, распа-

ханности территории, животноводческой и пестицидной нагрузок).

Состояние здоровья населения, как критерий оценки качества среды, в рамках ЭИС REGION-VOLGABAS включало следующие параметры:

- общая заболеваемость взрослого населения (смертность, естественный прирост населения, оценки заболеваемости от «экологически обусловленных» нозологий);

- здоровье матери и ребенка (рождаемость, смертность детей до года, общая заболеваемость детей, в том числе, от «экологически обусловленных» нозологий);

- инфекционные и паразитарные болезни, частота злокачественных новообразований;

- общее состояние системы здравоохранения.

В качестве примера работоспособности ЭИС REGION-VOLGABAS рассмотрим прогнозирование состояния здоровья населения. Разумеется, в большей степени на состоянии здоровья граждан, кроме экологических факторов, сказываются социально-экономические условия; но все же доля воздействия неблагоприятных факторов среды очень высока: для урбанизированных территорий Волжского бассейна влияние экологических факторов на заболеваемость людей оценивается на уровне 15–20 %.

Для определения зависимостей состояния здоровья населения с природными и антропогенными факторами была проведена статистическая обработка пространственно-распределенной информации (по административным единицам Волжского бассейна) и построены уравнения линейной регрессии. Оценка параметров уравнения множественной линейной регрессии проводилась методом наименьших квадратов с проверкой существенности влияния исследуемых факторов; при этом откликом Y_i выступали показатели рождаемости, заболеваемости органов дыхания, общей и детской смертности и др. В качестве воздействующих факторов рассматривались природные, антропогенные и социально-

экономические параметры, включенные в ЭИС REGION. Отбор показателей состояния СЭЭС, используемых в регрессионных уравнениях в качестве «X», осуществлялся экспертным путем с учетом возможности оказания воздействия на данные параметры в процессе управления.

Были использованы 44 параметра, отражающих состояние всех подсистем СЭЭС (социальной, экологической, экономической) и их взаимосвязей. Регрессионный анализ был проведен для двух достаточно контрастных кластеров, которые были получены в результате районирования территории Волжского бассейна (*кластер № 1* – «экологически неблагополучный» [республики Башкортостан и Татарстан, Вологодская, Ленинградская, Липецкая, Московская, Нижегородская, Пермская, Рязанская, Самарская, Свердловская, Тульская и Челябинская области] и *кластер № 3* – «экологически благополучный» [республики Марий Эл, Мордовия, Удмуртия и Чувашия, Астраханская, Брянская, Калужская, Кировская, Костромская, Курская, Орловская, Пензенская, Смоленская и Тверская области]; *кластер № 2* – «переходный» – включил республики Калмыкия и Коми, Влади-

мирскую, Волгоградскую, Ивановскую, Новгородскую, Оренбургскую, Саратовскую, Тамбовскую, Ульяновскую и Ярославскую области). Выбор на этом этапе анализа параметров отклика Y_i («рождаемость» и «смертность») определяется первостепенной значимостью решения демографических проблем для перехода на путь устойчивого развития, их комплексным характером описания состояния как социальной подсистемы СЭЭС, так и отражением степени устойчивости состояния экологической и экономической подсистем; эти параметры занимают важное место при формировании планов социально-экономического развития региона любого уровня организации и масштаба. По их уровню и динамике определяется степень благополучности региона, успешность осуществляемой стратегии развития.

Результаты расчетов уравнений линейной регрессии представлены в табл. 2–5. При этом в ряде случаев рассчитывались два регрессионных уравнения: с достоверностью коэффициентов регрессии $p = 0,85$ и $p = 0,95$.

Таблица 2

Факторы, влияющие на изменение показателя «рождаемость» для кластера № 1 (Y_1)

Наименование факторов, включенных в регрессионную модель	Коэффициент регрессии ($p = 0,85$)	Удельный вес влияния фактора	Коэффициент регрессии ($p = 0,95$)
Свободный член	1,12		4,307
Интегральная оценка уровня жизни	0,48	14,11	X_1 –0,046
Зарегистрировано заболеваний ЗНО	–0,24	12,10	X_2 –0,448
Сброс загрязненных сточных вод в природные водные объекты	–0,30	6,68	
Произведенный национальный доход на душу населения	0,12	2,37	
Продукция промышленности	0,11	2,88	
Валовая продукция сельского хозяйства	0,57	34,44	X_3 0,261
Производство электроэнергии	–0,33	7,59	
Плотность населения	–0,16	10,74	X_4 –0,309
Накопленная сумма удельного влияния факторов, %		90,90	
Коэффициент множественной корреляции		0,938	

Примечание. Число факторов (всего) – 44, из них информативных – 8 ($p = 0,85$) и 4 ($p = 0,95$); здесь и далее выделены факторы, вносящие максимальный вклад в варьирование Y_i .

Таблица 3

Факторы, влияющие на изменение показателя «рождаемость» для кластера № 3 (Y_2)

Наименование факторов, включенных в регрессионную модель	Коэффициент регрессии ($p = 0,85$)	Удельный вес влияния фактора	Коэффициент регрессии ($p = 0,95$)
Свободный член	15,90		4,902
Зарегистрировано заболеваний ЗНО	-0,81	31,55	X_1 -0,402
Выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников на 1 км ² площади	0,43	4,40	
Сокращение запасов фитомассы современного растительного покрова относительно потенциального уровня	-0,30	4,13	
Произведенный национальный доход на душу населения	-1,44	2,48	
Продукция промышленности	1,58	11,60	X_2 0,001
Валовая продукция сельского хозяйства	-0,65	5,06	
Производство электроэнергии	-0,32	17,64	X_3 -0,206
Накопленная сумма удельного влияния факторов, %		76,86	
Коэффициент множественной корреляции		0,871	

Таблица 4

Факторы, влияющие на изменение показателя «смертность» для кластера № 1 (Y_3)

Наименование факторов, включенных в регрессионную модель	Коэффициент регрессии ($p = 0,85$)	Удельный вес влияния фактора	Коэффициент регрессии ($p = 0,95$)
Свободный член	7,53		3,528
Интегральная оценка уровня жизни	0,30	2,38	-
Зарегистрировано заболеваний ЗНО	0,50	12,19	X_1 0,650
Выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников на 1 км ² площади	-0,49	11,81	
Сброс загрязненных сточных вод в природные водные объекты	0,28	8,52	
Произведенный национальный доход на душу населения	-0,33	7,30	
Продукция промышленности	-0,46	28,74	X_2 -0,430
Валовая продукция сельского хозяйства	-0,46	23,58	X_3 -0,005
Накопленная сумма удельного влияния факторов, %		94,51	
Коэффициент множественной корреляции		0,973	

Для Y_1 и Y_2 общими оказались 5 параметров, для Y_3 и Y_4 – 4; основными, «ведущими» факторами-параметрами для кластера № 1 (Y_1 и Y_3) стали экономические («продукция промышленности» и «валовая продукция сельского хозяйства»), а для кластера № 3 (Y_2 и Y_4) – социальные («заболеваемость злокачественными новообразованиями – ЗНО»). Достаточно высокий

удельный вес влияния факторов (для всех случаев больше 77 %) позволяет по регрессионным уравнениям для $p = 0,95$ «разыгрывать» различные сценарии воздействий с целью приблизить отклик к оптимальным значениям.

Результаты «сценарных» прогнозов представлены в табл. 6–9.

Таблица 5

Факторы, влияющие на изменение показателя «смертность» для кластера № 3 (Y₄)

Наименование факторов, включенных в регрессионную модель	Коэффициент регрессии (p = 0,85)	Удельный вес влияния фактора	Коэффициент регрессии (p = 0,95)
Свободный член	14,23		0,348
Интегральная оценка уровня жизни	-1,18	8,56	X ₁ -0,138
Зарегистрировано заболеваний ЗНО	1,64	70,3	X ₂ 0,981
Выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников на 1 км ² площади	-0,59	8,02	
Произведенный национальный доход на душу населения	1,51	6,66	X ₃ 0,259
Накопленная сумма удельного влияния факторов, %		93,46	
Коэффициент множественной корреляции		0,973	

Таблица 6

Результаты управляющих воздействий на Y₁

Изменение показателя X _i на 1 балл	Изменение функции Y
УВ1: уменьшение интегральной оценки уровня жизни – X ₁	увеличение на 0,05 балла
УВ2: уменьшение заболеваний ЗНО – X₂	увеличение на 0,45 балла
УВ3: увеличение валовой продукции сельского хозяйства – X ₃	увеличение на 0,26 балла
УВ4: уменьшение плотности населения – X ₄	увеличение на 0,31 балла

Примечание. УВ1 – управляющее воздействие I; здесь и далее выделены воздействия, приводящие к максимальному изменению Y_i; 1 балл для Y – 0,47 (min – 6,8, max – 10,1).

Таблица 7

Результаты управляющих воздействий на Y₂

Изменение показателя X _i на 1 балл	Изменение функции Y
УВ1: уменьшение заболеваний ЗНО – X₁	уменьшение на 0,65 балла
УВ2: увеличение продукции промышленности – X ₂	уменьшение на 0,43 балла
УВ3: увеличение валовой продукции сельского хозяйства – X ₃	уменьшение на 0,01 балла

Примечание. 1 балл для Y – 0,46 (min – 6,8, max – 10,0).

Таблица 8

Результаты управляющих воздействий на Y₃

Изменение показателя X _i на 1 балл	Изменение функции Y
УВ1: уменьшение заболеваний ЗНО – X₁	увеличение на 0,4 балла
УВ2: увеличение продукции промышленности – X ₂	увеличение на 0,001 балла
УВ3: уменьшение производства электроэнергии – X ₃	увеличение на 0,21 балла

Примечание. 1 балл для Y – 1,40 (min – 11,2, max – 21,0).

Таблица 9

Результаты управляющих воздействий на Y₄

Изменение показателя X _i на 1 балл	Изменение функции Y
УВ1: увеличение интегральной оценки уровня жизни – X ₁	уменьшение на 0,14 балла
УВ2: уменьшение заболеваний ЗНО – X₂	уменьшение на 0,98 балла
УВ3: уменьшение произведенного национального дохода на душу населения – X ₃	уменьшение на 0,26 балла

Примечание. 1 балл для Y – 1,06 (min – 13,4, max – 20,8).

Прокомментируем полученные результаты. Прежде всего, отметим, что во всех случаях максимальное изменение отклика (будь то «рождаемость» или «смертность» в контрастных по состоянию окружающей среды кластерах) возникало при изменении параметра «зарегистрировано заболеваний ЗНО». И это притом, что ЗНО находится на 8-м месте среди причин заболеваемости населения Волжского бассейна (правда, иногда, в разные годы ЗНО «поднимается» даже на 2–3 место среди причин смертности). Если представить эти же результаты в графическом виде, то бросается в глаза, весьма далекий от теоретической траектории «ход» исходного графика и графических изображений результатов управляющих воздействий (теоретическая кривая просто отражает направления, в которых к своим верхним или нижним границам должны стремиться графики отклика $[Y]$ и факторов

воздействия $[X_i]$; например, хочется, чтобы «смертность» Y_4 была минимальной, а вот «интегральная оценка качества жизни» X_1 – максимальной...). Вполне возможно, что «загнать» экспериментальный график в теоретическую кривую можно воздействием сразу на несколько управляющих параметров. Результат такого эксперимента представлен в табл. 10. Легко убедиться, что новое «управление» двумя параметрами (УВ4) улучшает Y_4 почти на 80 % по сравнению с управлением УВ2.

В следующей модели (табл. 11) к числу влияющих факторов на отклик «число детей, умерших в возрасте до года на 1000 родившихся» добавлена заболеваемость взрослого населения (по разным нозологиям), поскольку её значение для выбранного отклика очевидно.

Таблица 10

Результаты управляющих воздействий на Y_4

Изменение показателей X_i	Изменение функции Y
УВ4: увеличение интегральной оценки уровня жизни – X_1 на 1 балл и уменьшение заболеваний ЗНО – X_2 на 2 балла	уменьшение на 1,76 балла

Примечание. 1 балл для Y – 1,06 (min – 13,4, max – 20,8; раздел 4.4.1).

Таблица 11

Факторы, влияющие на изменение показателя «число детей, умерших в возрасте до года на 1000 родившихся» (Y_5)

Наименование факторов, включенных в регрессионную модель	Коэффициент регрессии	Удельный вес влияния фактора
Свободный член	20,62	
Болезни мочеполовой системы на 1000 человек населения	–0,20	13,7
Сброс загрязненных вод на одного жителя, м ³ /чел.	0,01	5,0
Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, т/чел.	11,40	5,4
Забрано воды из природных источников, тыс. м ³ /чел.	2,83	36,2
Валовой внутренний продукт, тыс. руб./чел.	–0,09	4,6
Больные с впервые установленным диагнозом ЗНО на 1000 человек населения	0,70	6,7
Болезни нервной системы и органов чувств на 1000 человек населения	0,10	8,2
Коэффициент множественной корреляции		0,893
Накопленная сумма удельного влияния факторов, %		79,8

Примечание. Число наблюдений – 24; число факторов (всего) – 18, из них информативных – 7.

Больше всех на младенческую смертность влияют антропогенные факторы (их совокупный вклад – 46,6 %); весьма существенную роль, как и предполагалось, играет «взрослая» заболеваемость (28,6 %); просматривается зависимость от экономического параметра, хотя и в незначительной степени (4,6 %). Параметрами, которыми мы в состоянии управлять, являются прежде всего параметры, характеризующие загрязнение окружающей среды и воздействие на природные ресурсы. Рассмотрим следующие *сценарии* воздействия на «число детей, умерших в возрасте до года на 1000 родившихся» Y_5 при фиксированных значениях всех остальных параметров:

- «сброс загрязненных вод на одного жителя» будет уменьшен:
 - на 25 % – это ведет к уменьшению Y_5 на 2,5 %;
 - на 50 % – это ведет к уменьшению Y_5 на почти 5 %;
- «выбросы в атмосферу загрязняющих веществ на одного жителя» будет уменьшен:
 - на 25 % – это ведет к уменьшению Y_5 на 3 %;
 - на 50 % – это ведет к уменьшению Y_5 на 6 %;
- «забор воды из природных источников» будет уменьшен:
 - на 25 % – это ведет к уменьшению Y_5 на 7 %;
 - на 50 % – это ведет к уменьшению Y_5 на 9 %.

Естественно, более реалистичный и точный прогноз будет получен для нелинейных уравнений регрессии или при управлении несколькими параметрами. Но даже и в этом (линейном) случае можно оценить эффективность того или иного воздействия.

Заключение

Проведенная впервые с помощью ЭИС REGION комплексная оценка состояния здоровья населения Волжского бассейна и полученные регрессионные уравнения позволили, в частности, спрогнозировать изменение параметра «временная нетрудоспособность населения» при сокращении на 20 % выбросов в атмосферу и сброса загрязненных вод на одного жителя; «временная трудоспособность населения» уменьшилась при этом на 1,3 %, что в денежном эквиваленте для всего Волжского бассейна оценивается примерно в **1,8–2 млрд руб. в год** только в соответствии с Федеральным законом № 255-ФЗ «Об обязательном социальном страховании на случай временной нетрудоспособности». Это и есть нижняя оценка «стоимости вопроса» по сокращению выбросов в атмосферу и сброса загрязненных вод на 20 %. Таким образом, использование экспертных информационных систем в экологии ведет к повышению эффективности взаимодействия в системе «здоровье населения – здоровье среды».

Список литературы // References

- 1 GOST 14.413-80. Bank danny'x tekhnologicheskogo naznacheniya. Obshhie trebovaniya // Edinaya sistema tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva. – М.: Goskomitet SSSR po standartam, 1984. – С. 322–328.
- 2 Zaxarov V.M. Zdorov'e sredi': koncepciya. – М.: Centr e'kologicheskoy politiki Rossii, 2000. – 30 s.
- 3 Zaxarov V.M., Smurov A.V. Koncepciya zdorov'ya sredi': istoriya i perspektivy` razvitiya (osnovny'e vexti) // Zhizn' Zemli. – 2018. – Т. 40, № 2. – С. 152–157.
- 4 Zaxarov V.M., Chubinishvili A.T., Dmitriev S.G. i dr. Zdorov'e sredi': praktika ocenki. – М.: Izd. Centra e'kol. politiki Rossii, 2000. – 318 s.
- 5 Kostina N.V. REGION: e'kspertnaya sistema upravleniya bioresursami. – Tol'yatti: SamNCz RAN, 2005. – 132 s.
- 6 Kostina N.V. Analiz sostoyaniya i scenarii razvitiya socio-e'kologo-e'konomicheskix sistem territorij raznogo masshtaba s pomoshh'yu e'kspertnoj informacionnoj sistemy` REGION. – Tol'yatti: Kassandra, 2015. – 200 s.
- 7 Kostina N.V., Rozenberg G.S., Shitikov V.K. E'kspertnaya sistema e'kologicheskogo sostoyaniya bassejna krupnoj reki // Izv. Samar. NCz RAN. – 2003. – Т. 5, № 2. – С. 287–294.

- 8 Lazareva N.V., Lifirenko N.G., Popchenko V.I., Rozenberg G.S. O nekotoryx problemax medicinskoj e'ko-logii (s pri-merami po Volzhskomu bassejnu, Samarской oblasti i gorodu Tol'yatti) // Izv. Samar. NCz RAN. – 2015. – T. 17, № 4. – S. 55–66.
- 9 Rozenberg G.S. Volzhskij bassejn: na puti k ustojchivomu razvitiyu. – Tol'yatti: Kassandra, 2009. – 477 s.
- 10 Khasaev G.R., Lazareva N.V., Kudinova G.E., Kuznetsova R.S., Rozenberg G.S. Ecology, innovation, and quality of life: ab ovo usque ad mala // Economic Growth and Sustainable Development of Economic Systems. Contradic-tions in the Era of Digitalization and Globalization (Contributions to Economics) / Eds. S. Ashmarina, M. Vochozka. – Cham (Switzerland): Springer, 2019. – P. 121–134.
- 11 Rozenberg G.S. Expert systems "REGION" and "RESERVOIR" as instruments of simulation of diffuse pollution of large-scale ecosystems and reservoirs // Proc. of the Second Intern. IAWQ Specialized Conf. and Symp. on Diffuse Pollution (DIFuse-POL'95). Part 1. Brno; Prague (Czech Republic), 1995. R. 72-77.
- 12 Rozenberg G.S., Lazareva N.V., Simonov Yu.V., Lifirenko N.G., Sarapultseva L.A. Integration of the problem of medi-cal ecology on the level of the highly urbanized region // Internat. J. Environmental & Sci. Education. 2016. V. 11, No. 15. P. 7668-7683.
- 13 Rozenberg G. S., Lazareva N. V., Khasaev G. R. SOME ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC PROBLEMS OF LARGE RIVER POOLS // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS <https://doi.org/10.15405/epsbs.2020.03.3> Corresponding Author: N. V. Lazareva Selection and peer-review un-der responsibility of the Organizing Committee of the conference eISSN: 2357-1330. DOI: 10.15405/epsbs.2020.03.3

Авторская справка

Лазарева Наталья Владимировна, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры экономики предприятий агропромышленного комплекса и экологии, Самарский государственный экономический университет, Самара, Россия

Розенберг Геннадий Самуилович, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат премии Правительства Рос-сийской Федерации в области науки и техники, кафедра ЮНЕСКО «Изучение и сохранение биоразнооб-разия экосистем Волжского бассейна» ИЭВБ РАН, Тольятти, Россия

Аристова Маргарита Алексеевна, младший научный сотрудник лаборатории моделирования и управ-ления экосистемами, Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия, margo.aristova2016@yandex.ru

Костина Наталья Викторовна, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории моделирования и управления экосистемами, Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия, knva2009@yandex.ru

Рукопись получена: 3 апреля 2020 г.

Принята к публикации: 15 апреля 2020 г.