

Шинкарчук С.А. ©

Аспирант, Национальная академия природоохранного и курортного строительства

МЕТОДИКА БИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА РАЗВИТИЯ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА

Аннотация

Учитывать, что загрязнение экологической системы продуктами техногенеза является источником социо-медицинских деструкций, определяемых влиянием на уровень здоровья населения загрязнителей естественного происхождения (минеральные, растительные, микробиологические), образующихся при сжигании топлива для нужд промышленности и работы транспорта, в результате промышленных выбросов, а также при сжигании и переработке бытовых и промышленных отходов, актуальным является проведение биоэкологического мониторинга, основанного на наблюдении за реакцией живых организмов (человека) на загрязнение окружающей среды. Результаты биоэкологического мониторинга возможно использовать в качестве обоснования управленческих решений в отношении снижения уровня конфликтности развития социальной, экологической и экономической подсистем.

Ключевые слова: социо-эколого-экономическая система, техногенез, биоэкологический мониторинг, методика.

Keywords: socio-ecological-economic system, the technogenesis, bioecological monitoring, methodology.

Важным, с точки зрения принятия управленческих решений относительно снижения остроты экологических деструкций, является выявление причин возникновения и характера воздействия негативных последствий техногенных угроз на состояние здоровья человека. Основными веществами, представляющими наибольшую опасность для здоровья человека, в зависимости от среды образования, являются диоксид серы и взвешенные частицы, радионуклеиды (воздух, пища); озон, ДДТ, кадмий и его соединения (воздух, пища, вода, человек); нитраты, нитриды, оксиды азота (вода, пища, воздух); ртуть и ее соединения, свинец, диоксид углерода (пища, воздух и вода); оксид углерода и нефтеуглероды (морская вода); фтористые соединения (питьевая вода); асбест и мышьяк (воздух, питьевая вода); микротоксины, микробиологическое заражение и реактивные углеводороды (пища, воздух). Так, согласно мнению ученых, существует прямая зависимость состояния здоровья населения и уровня заболеваемости от качества окружающей среды и наличия небезопасных объектов (табл.1).

Таблица 1

Зависимость заболеваемости населения от загрязнений окружающей среды, %, [1]

Показатели состояния здоровья	Тип города			
	Многоотраслевой	С крупным источником загрязнения	Со средним источником загрязнения (машиностроительный завод)	Со средним источником загрязнения (автотранспорт)
Иммунологическая реактивность человека	33-60	60-75	55-67	33-50
Функциональные	5-29	17-55	17-33	4-17

отклонения (дыхания, сердечнососудистой системы)				
Суммарная заболеваемость детского населения	5-25	17-47	12-33	4-9
Заболеваемость органов дыхания	10-40	33-64	17-40	4-20
Нарушение детородной функции	2-9	12-33	0	0

В результате оценки объемов загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух в Крыму, определено, что за период 2002-2012 гг., данный показатель по стационарным источникам незначительно (на 1%) увеличился и составил 32,7 тыс. т относительно уровня 2002 г. – 31,7 тыс. т., (рис.1).

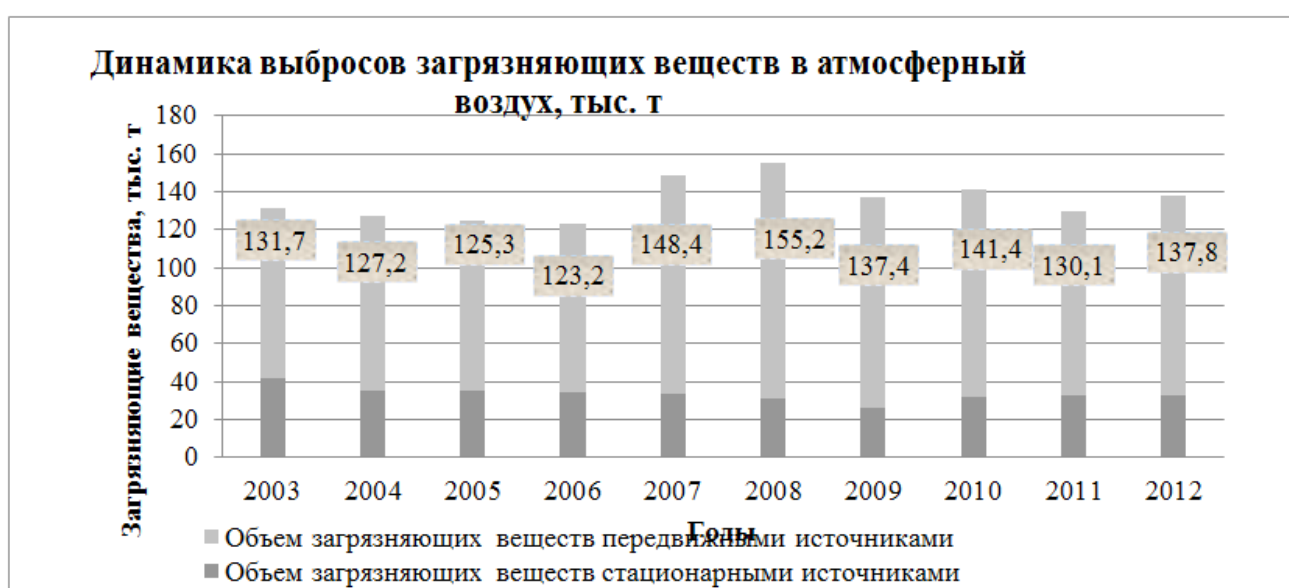


Рис.1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Крыму, 2012 г.

При этом, объемы выбросов загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух региона от передвижных источников составили 105,1 тыс. т (увеличение на 17,8 %) против уровня 2002 г. – 86,4 тыс. т. Относительно объемов выбросов диоксида углерода определено, что их объем фактически увеличился в два раза и составил от стационарных источников 1,5 тыс. т относительно 0,8 тыс. т уровня 2002 г..

В отношении образования и утилизации отходов по материалам, определено, что в 2013 г. их объем составил 2584,8 тыс. т., при этом максимальные значения соответствуют химическим осадкам и остаткам – 1113,1 тыс. т, осадкам промышленных стоков – 414,2 тыс. т, бытовым и прочим отходам – 614,3 тыс. т., а также минеральным отходам – 147,2 тыс. т.,

Для периода 2012 г. характерны следующие тенденции: суммарный объем образования и утилизации отходов по материала составил 3709,1 тыс. т при условии, что максимальные значения соответствовали отходам от кислот, угля и соли – 275 тыс. т, химическим осадкам и остаткам – 1632,3 тыс. т, осадкам промышленных стоков – 891,9 тыс. т, бытовым и прочим отходам – 458,9 тыс. т., а также минеральным отходам – 207,2 тыс. т. (рис.2).

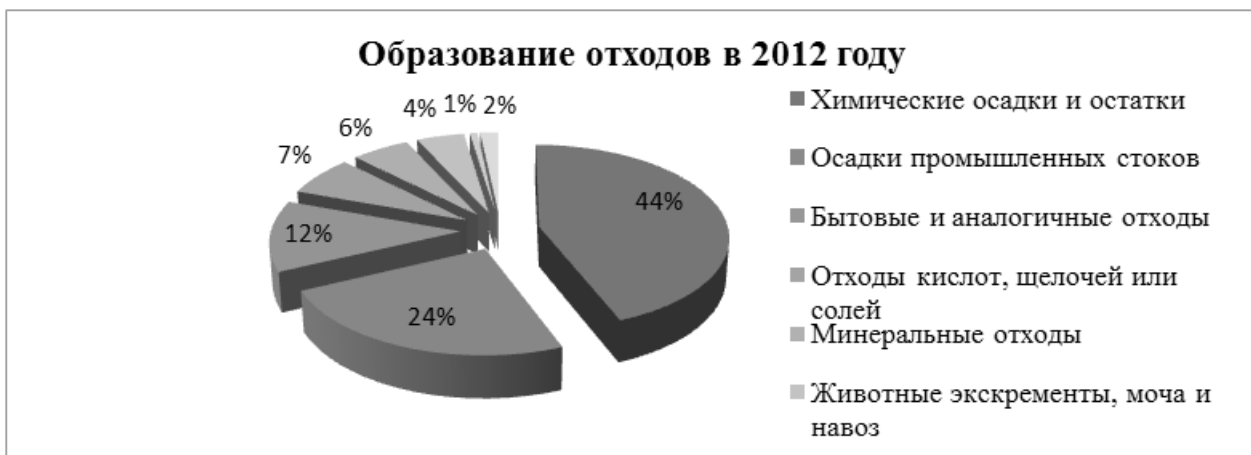


Рис.2. Образование отходов в Крыму, 2012 г.

В результате оценки морфологического состава отдельных загрязняющих веществ и диоксида углерода, выбрасываемых в атмосферный воздух в 2012 г. определено, что общий объем данных веществ составил 137806,9 т, что выше уровня 2011 г. на 6 %, в том числе от стационарных источников – 32723,5 т и передвижных источников – 105083,4 т. При этом структура данных отходов представлена: металлы и соединения 33,5 т, метан – 3120,9 т, неметановые органические соединения – 13430,9, оксид углерода – 86789,7, диоксид и другие соединения серы - 14599,8, соединения азота - 16018,8, вещества в виде твердых частиц - 3762,0, другие - 51,3 [2].

Однако, статистические данные, характеризующие состояние окружающей среды под воздействием процессов техногенеза, отражают лишь ситуацию в целом, что не позволяет принимать адекватные регулирующие воздействия в отношении снижения квот на загрязнение, изменение объемов ресурсных и налоговых платежей. Это обосновывает необходимость разработки новой методики биоэкологического мониторинга, включающей оценку факторов, влияющих на трансформации СЭЭС региона, учитывая характер использования компонентов природной среды, и, акцентируя внимание на изменениях в уровне здоровья населения. Актуальность разработки данной методики подтверждается также результатами исследования международного опыта проведения биомониторинга. Так, целью биомониторинга, проводимого в странах Европы, является выявление клинического спектра экологически детерминированных синдромов болезней человека в техногенно трансформированных регионах. Например, в Италии в процессе реализации проекта SENTIERI с целью проведения биомониторинга здоровья населения в экологически нестабильных регионах использованы показатели, отражающие динамику количества заболеваний, связанных со злокачественными новообразованиями в трахее, бронхах и легких, в плевре, заболевания органов дыхания, астма у детей в возрасте до 14 лет, а в Словении используется методика биомониторинга, предусматривающая, прежде всего, оценку уровня свинца в крови у детей.

В рамках европейского проекта проведения биомониторинга человека «COPNES» была апробирована методика, предусматривающая исследование детей в возрасте 6-11 лет и их матерей в качестве фокус-групп в 17 странах Европейского союза. Основными биомаркерами мониторинга являлись показатели, отражающие содержание ртути в пробах волос, уровень кадмия, котинина и метаболитов фталатов в моче. Вместе с этим, остаточное распространение получил биомониторинг [3], основанный на оценке показателей, отражающих патологические изменения, включая частоту возникновения и распространенность заболеваний крови и кроветворных органов, эндокринной, нервной, костно-мышечной, мочеполовой систем, органов пищеварения и дыхания, злокачественные образования, врожденные аномалии развития.

Основываясь на вышеизложенном, автором разработаны общие положения методики биоэкологического мониторинга, которые включают постановку цели, обоснование предмета и объекта, а также процедуру осуществления мониторинга.

Целью данной методики является проведение биоэкологического мониторинга развития социо-эколого-экономической системы региона, что позволит определить проявления техногенеза в трансформациях окружающей среды и изменениях уровня здоровья населения.

При этом в качестве *объекта* рассматриваются факторы региональной среды, влияющие на трансформации СЭС в условиях техногенеза, а *предмет методики* состоит в оценке состояния социо-эколого-экономической системы с учетом особенностей организации экономической деятельности, характера природопользования и последствий влияния техногенеза на уровень здоровья населения региона.

Информационно-аналитической базой являются статистические данные Главного управления статистики и Комитета по охране окружающей среды Крыма, отражающие тенденции процессов социально-экономического развития, учитывая особенности организации экономической деятельности, уровень жизни населения региона, демографические процессы, характер природопользования, уровень загрязнения компонентов природно-ресурсного потенциала территории, обеспеченность населения основными ресурсами окружающей природной среды, уровень антропогенной нагрузки.

В качестве инструментария методики используются экономико-математические методы, которые позволяют стандартизировать различные в метрическом отношении показатели, рассчитать интегральный показатель, отражающий уровень развития социальной, экономической и экологической подсистем и социо-эколого-экономической системы – как системы более высокого порядка, а также интерпретировать и сопоставлять результаты оценки.

Принимая во внимание, что целью биоэкологического мониторинга является определение характера и последствий воздействия на человека факторов региональной среды техногенного характера, которые продуцируются в рамках социальной, экологической и экономической подсистем, предлагается рассматривать их в качестве объекта оценки как для исследования особенностей внутренних процессов в рамках равновесного функционирования социо-эколого-экономической системы, так и для анализа взаимодействия системы с внешней средой. В этой связи основу методики биоэкологического мониторинга составляет комплексный подход, предусматривающий диагностику социальной, ресурсной и экономической составляющих устойчивого развития региона, определение уровня экологической безопасности территории, определение общественных потребительских свойств территории, оценку факторов, влияющих на трансформации СЭС, а также оценку влияния последствий техногенеза на здоровье населения региона.

В рамках первого этапа методики предусмотрено формирование информационно-аналитической базы, которая представлена совокупностью показателей, отражающих процессы социально-экономического развития региона, учитывая особенности природопользования, специфику экономической деятельности, характер демографических процессов, уровень деградации природных систем и др. С целью обеспечения высокого уровня репрезентативности и достоверности результатов оценки целесообразно использовать аналитический материал за период не менее 5 лет.

Реализация второго этапа методики предусматривает определение динамического индикатора развития системы, что требует оценки показателей, характеризующих социально-экономическое развитие, отраслевую структуру экономики, жизненный уровень населения и демографические процессы. При этом группа показателей социально-экономического развития включает величину валового внутреннего продукта региона, численность населения и трудовых ресурсов, численность занятых в хозяйственном комплексе, объем конечного потребления в масштабе региона за определенный период времени и валовую добавленную стоимость. Это позволяет рассчитать коэффициенты, характеризующие соотношение результирующих показателей экономического развития и численности населения региона.

Группа показателей, которые характеризуют отраслевую структуру экономики региона, отражает объем производства в промышленности, строительстве, агропромышленном комплексе, объем предоставленных услуг предприятиями транспорта и связи, отраслями сферы образования и социально-культурной сферы. В свою очередь, показатели, характеризующие жизненный уровень населения, включают доходы от трудовой деятельности, объем предпринимательских доходов, доходы от собственности, объем заработной платы, дотаций и трансфертов. Показатели, характеризующие демографические процессы, отражают численность рожденных и умерших в регионе за определенный период времени, величину природного прироста (сокращения) населения, а также соответствующие коэффициенты, включая коэффициент миграционного прироста, коэффициент миграционной подвижности и коэффициент трудовой активности.

Реализация третьего этапа методики предполагает определение уровня экологической безопасности региона и предусматривает расчет индекса жизнестойкости населения, индекса обеспеченности населения основными компонентами ресурсов окружающей природной среды (на душу населения), индекса обеспеченности территории основными компонентами ресурсов окружающей природной среды (на единицу площади территории), индекса антропогенной нагрузки на территорию, индекса радиационного загрязнения территории Индекс антропогенной измененности территории, индекса природоемкости ВВП, индекса потенциальной экологической небезопасности производства. Следует отметить, что все показатели рассчитываются с учетом соответствующих значений по региону и стране в целом.

Индекс жизнестойкости населения (Ижн) определяется как соотношение продолжительности жизни населения (Ипжн) и смертности населения (Исн):

$$\text{Ижн} = \text{Ипжн} / \text{Исн}$$

Индекс обеспеченности населения основными компонентами ресурсов окружающей природной среды (Ионпр), включая обеспеченность территорией (Ионт), водными ресурсами (Ионв), лесными ресурсами (Ионл) и объектами природно-заповедного фонда (Ионзт) (на душу населения):

$$\text{Ионпр} = 0,25 * (\text{Ионт} + \text{Ионв} + \text{Ионл} + \text{Ионзт})$$

$\text{Ионт} = (\text{Площадь территории региона} / \text{Численность населения региона}) / (\text{Площадь территории страны} / \text{Численность населения страны});$

$\text{Ионв} = (\text{Запасы местных водных ресурсов региона} / \text{Численность населения региона}) / (\text{Запасы местных водных ресурсов страны} / \text{Численность населения страны})$

$\text{Ионл} = (\text{Площадь лесов региона} / \text{Численность населения региона}) / (\text{Площадь лесных ресурсов страны} / \text{Численность населения страны})$

$\text{Ионзт} = (\text{Площадь защищенных территорий региона} / \text{Численность населения региона} / (\text{Площадь защищенных территорий страны} / \text{Численность населения страны}))$

Индекс обеспеченности территории основными компонентами ресурсов окружающей природной среды (Ионпр), включая обеспеченность водными ресурсами (Иотв), лесными ресурсами (Иотл) и объектами природно-заповедного фонда (Иотзт) (на единицу площади):

$$\text{Ионпр} = (\text{Иотв} + \text{Иотл} + \text{Иотзт}) / 3$$

$\text{Иотв} = (\text{Запасы местных водных ресурсов региона} / \text{Площадь территории региона}) / (\text{Запасы местных водных ресурсов страны} / \text{Площадь территории страны});$

$I_{отл} = (\text{Площадь лесов региона} / \text{Площадь территории региона}) / (\text{Площадь лесов страны} / \text{Площадь территории страны});$

$I_{отзт} = (\text{Площадь защищенных территорий региона} / \text{Площадь территории региона}) / (\text{Площадь защищенных территорий страны} / \text{Площадь территории страны})$

Индекс антропогенной нагрузки на территорию ($I_{ан}$), включая индекс плотности населения ($I_{пн}$), индекс городского населения ($I_{пгн}$), индекс урбанизированности территории ($I_{у}$), индекс ВДС ($I_{в}$), индекс наличия отходов ($I_{нто}$), индекс выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух ($I_{взв}$):

$$I_{ан} = (I_{пн} + I_{пгн} + I_{у} + I_{в} + I_{нто} + I_{взв}) / 6$$

$I_{пн} = \text{Плотность населения региона} / \text{Плотность населения страны};$

$I_{пгн} = \text{Плотность городского населения региона} / \text{Плотность городского населения};$

$I_{у} = \text{Плотность городского населения} / \text{Плотность населения региона}$
 $I_{в} = (\text{Объем ВДС региона} / \text{Численность населения региона}) / (\text{Объем ВВП страны} / \text{Численность населения страны});$

$I_{нто} = \text{Наличие на конец года в специально отведенных местах или объектах и на территории предприятий (I-III классов опасности) в регионе} / \text{Наличие на конец года в специально отведенных местах или объектах и на территории предприятий (I-III классов опасности) в стране}$

$I_{взв} = \text{Объем выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух в регионе} / \text{Объем выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух в стране}$

Индекс радиационного загрязнения территории стронцием ($I_{рзст}$) определяется как соотношение объемов загрязнения стронцием в регионе к объему загрязнения стронцием в стране:

$I_{рзст} = \text{Объем загрязнения стронцием в регионе} / \text{Объем загрязнения стронцием в стране}$

Индекс радиационного загрязнения территории цезием ($I_{рзц}$) определяется как соотношение объемов загрязнения цезием в регионе к объему загрязнения цезием:

$I_{рзст} = \text{Объем загрязнения цезием в регионе} / \text{Объем загрязнения цезием в стране}$

Индекс антропогенной измененности территории ($I_{аит}$) определяется как сумма частных индексов, включая индекс с/х освоенности территории ($I_{схот}$), Индекс распаханности территории ($I_{рп}$), Индекс застроенности территории ($I_{зст}$), Индекс удельного веса искусственных водоемов в площади территории ($I_{ивт}$), Индекс удельного веса осушенных земель ($I_{озт}$), Индекс удельного веса орашаемых земель ($I_{орзт}$), Индекс деградированных и радиационно загрязненных земель ($I_{дрзт}$):

$$I_{аит} = I_{схот} + I_{рп} + I_{зст} + I_{ивт} + I_{озт} + I_{орзт} + I_{дрзт}$$

Индекс природоемкости ВВП ($I_{ив}$) определяется как:

$I_{пв} = 0,2 * (\text{Индекс водоемкости производства ВВП (I}_{вемв}) + \text{Индекс использования водных ресурсов (I}_{ив}) + \text{Индекс электроэнергоемкости производства ВВП (I}_{ээмп}) + \text{Индекс энергоемкости производства ВВП (I}_{эмп}) + \text{Индекс вредности производства ВВП (I}_{впав});$

$I_{вемв} = (\text{Объем использованных водных ресурсов в регионе} / \text{Объем ВДС региона}) / (\text{Объем использованных водных ресурсов страны} / \text{Объем ВВП страны});$

$I_{ив} = (\text{Объем использованных водных ресурсов в регионе} / \text{Объем запасов водных ресурсов в регионе}) / (\text{Объем использованных водных ресурсов за год в стране} / \text{Объем запасов водных ресурсов в стране});$

$I_{ээмп} = (\text{Использование электроэнергии в регионе} / \text{Объем ВДС региона}) / (\text{Использование электроэнергии в стране} / \text{Объем ВВП страны});$

$I_{эмп} = (\text{Использование энергии в регионе} / \text{Объем ВДС региона}) / (\text{Использование энергии в стране} / \text{Объем ВВП страны});$

$I_{впав} = (\text{Объем выбросов CO}_2 \text{ в атмосферу в регионе} / \text{Объем ВДС региона}) / (\text{Объем выбросов CO}_2 \text{ в атмосферу в стране} / \text{Объем ВВП в стране})$

Индекс потенциальной экологической небезопасности производства определяется как соотношение количества экологически небезопасных объектов в регионе и стране и количества объектов с взрывоопасными веществами в регионе и стране:

$I_{энб} = \text{Количество экологически небезопасных объектов в регионе и стране} / \text{количества объектов с взрывоопасными веществами в регионе и стране}$

Обобщающий критерий экологической безопасности территории рассчитывается по следующей формуле:

[4]

Реализация четвертого этапа методики предполагает определение общественных потребительских свойств территории (акватории) посредством определения абсолютной экономической ценности территории (акватории):

[5]

, – составляющие годового территориального (акватерриториального) дохода (эффекта), обусловленные, соответственно, единовременными и постоянными рентными факторами – усредненный нормативный срок освоения территории (акватории) – то же для ее последующей эксплуатации E – норматив дисконтирования.

В рамках пятого этапа биоэкологического мониторинга развития СЭЭС региона предусматривается определение факторов, влияющих на трансформации системы, посредством осуществления многокритериальной оценки. С этой целью рассчитываются интегральные показатели, отражающие влияние факторов региональной среды на трансформации СЭЭС, включая процессы социально-экономического развития региона, процессы природопользования и жизнеобеспечения.

С целью выявления факторов, в наибольшей степени влияющих на трансформации социо-эколого-экономической системы региона, используется метод главных компонент:

из множества компонент:

где – коэффициенты (– матрица).

В рамках пятого этапа биоэкологического мониторинга развития СЭЭС региона осуществляется оценка показателей, отражающих динамику заболеваний крови, кроветворных органов, нервной и эндокринной системы, органов дыхания и органов

пищеварения, врожденные аномалии, злокачественные новообразования в трахее, бронхах и легких злокачественные новообразования в плевре, содержание ртути в пробах волос. Так, в результате биоэкологического мониторинга обосновано, что положительными трендами является незначительное сокращение уровня заболеваемости по отдельным категориям – снизился уровень заболеваемости болезнями эндокринной системы, болезней органов дыхания и пищеварения, (рис.3, рис.4).

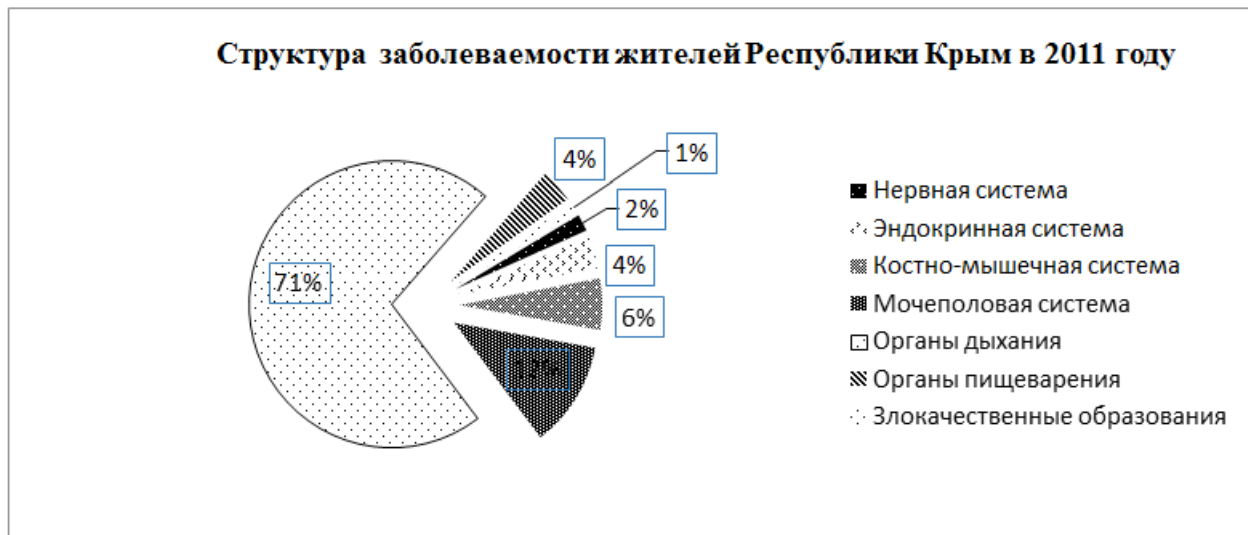


Рис.3. Структура заболеваемости жителей Крыма



Рис.4. Динамика заболеваемости по болезням крови, нервной и эндокринной системы в Крыму

При этом, результаты биомониторинга подтверждают достаточно высокий уровень заболеваемости населения региона, обусловленный влиянием техногенных факторов, (рис.5). Так, за период 2007-2011 гг. стабильно высокие показатели характерны для болезней органов дыхания: 2007 г. - 442 282,00 чел., 2011 г. - 433 084,00 чел. Также в период 2008-2011 гг. отмечается достаточно высокий уровень заболеваемости мочеполовой системы: 2007 г. - 70 033,00 чел., 2011 г. - 72 017,00 чел.



Рис.5. Динамика заболеваемости по болезням крови, нервной и эндокринной системы в Крыму

В качестве положительного тренда следует рассматривать относительную стабилизацию показателей, отражающих уровень заболеваемости органов пищеварения. Так, относительно уровня 2007 г. данный показатель сократился на 2,5 % и составил в 2011 г. 22 895,00 чел. Относительно уровня 2007 г. - 26 189,00 че. Аналогичные тенденции характерны для болезней, связанных со злокачественными новообразования в трахее, бронхах и легких, поскольку уровень данных заболеваний составил: 2007 г. - 812,00 чел., в 2011 - г. 704,00 чел., а также врожденных аномалий развития: 2007 г. - 2 723,00 чел., в 2011 г. - 2 503,00 чел. При этом, крайне негативной следует считать тенденцию повышения уровня показателя, отражающего динамику появления злокачественных образований: 2007 г. - 6 866,00 чел., в 2011 г. - 7 238,00 чел.

Таким образом, разработанная методика биоэкологического мониторинга рекомендуется к использованию Комитету по охране окружающей среды региона, санитарно-эпидемиологической службе, Министерству здравоохранения и другим природоохранным и общественным организациям. Результаты методики могут рассматриваться в качестве обоснования управленческих решений в отношении сокращения уровня антропогенного воздействия на окружающую среду и уровень здоровья населения региона.

Литература

1. Шильникова Н.В. Влияние продуктов техногенеза на качество атмосферы и состояние здоровья населения // Вестник НЦ БЖД, №4 (10), 2011. – С. 103-110/
2. Офіційний сайт державної служби статистики України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
3. Говта Н. В. Влияние экологических условий на здоровье людей [Электронный ресурс] / Н. В. Говта// - Режим доступа: <http://r.donnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1199/1/189-204.pdf>
4. Лісовський С. А. Економіко-географічні засади збалансованого розвитку України: автореферат дис. на здобуття наук. ступ. доктора географічних наук: 11.00.02 / С. А. Лісовський; Інститут географії НАН України. – К., 2004. – 36 с.
5. Буркинский Б. В. Природопользование: основы экономики-экологической теории / Б. В. Буркинский, В. Н. Степанов, С. К. Харчиков. – Одесса: ИПРЭЭИ НАН Украины, 1999. – 350 с.