

УДК 613:614.7:574

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2016

Оценка экологического риска здоровью населения Республики Крым как основа экологической безопасности в регионе

Е. В. Евстафьева,
Крымский федеральный университет
им. В. И. Вернадского,
Г. П. Нараев,
Н. А. Сологуб,
Министерство экологии
и природных ресурсов,
г. Симферополь,
Республика Крым,
С. А. Карпенко,
В. В. Белалов,
А. М. Богданова,
С. Л. Тымченко,
И. А. Евстафьева,
Крымский федеральный университет
им. В. И. Вернадского

Аннотация

В статье приводятся теоретическое обоснование региональной стратегии экологической безопасности в Республике Крым и результаты системных научно-практических исследований, ведущихся в течение многих лет в сфере экологического и медицинского мониторинга. Обозначены приоритеты экологической безопасности в Крымском регионе, приведены результаты научно-практической реализации некоторых из них. По данным медицинской статистики анализируется динамика болезненности населения за 20-летний период, оценивается относительный риск в разных городах и административных районах для общей заболеваемости и некоторых наиболее экологически зависимых заболеваний (врожденные аномалии, онкология, заболевания дыхательной системы). Приводятся результаты полевых исследований экологической ситуации в отношении окислов азота и серы как основных атмосферных загрязнителей посредством отечественных гигиенических и европейских экологических нормативов. Обозначены дальнейшие шаги в последовательном продвижении в решении медико-экологических задач и оценки экологического риска для здоровья в Республике Крым.

Ключевые слова: экологическая безопасность, оценка риска, здоровье.

Содержание

Введение
1. Объекты и методы исследования
2. Результаты
Заключение
Литература

Введение

В настоящее время стратегически важным для развития Российской Федерации, как и в целом стран во всем мире, является обеспечение экологической безопасности, которая признана важной составляющей национальной безопасности государств. В связи с этим в Российской Федерации разработана стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. Ее реализация позволит перейти к экологически ориентированной модели экономического развития, а одним из приоритетов государственной политики в области экологии Минприроды называет снижение техногенной нагрузки и поддержа-

ние благоприятного состояния природной среды и среды обитания человека.

Однако за этой общей формулировкой должна подразумеваться научно обоснованная разработка мероприятий, которая позволит ясно понимать, какие меры и в какой степени должны быть приняты в конкретных регионах с учетом их природной организованности и степени техногенной трансформации, что подразумевает ориентацию на поведение ключевых звеньев во взаимодействии человеческого общества с окружающей средой в том или ином регионе.

Особое значение в этом контексте имеет продуманная система экологической безопасности в южных регионах России, имеющих туристско-рекреационную специфику, что возводит проблему обеспечения экобезопасности в ранг национальных приоритетов [1]. Это особенно важно в отношении такого региона, как Республика Крым, где на ограниченном, но разнообразном в географическом отношении пространстве эффективное и рациональное распределение природных ресурсов, сбалансированное соотношение экологических возможностей с темпами развития экономики создадут оптимальные условия для реализации потенциала санаторно-курортного комплекса Крымского региона, а это, в свою очередь, будет являться залогом его политической и социально-экономической устойчивости.

В связи с этим важно среди многообразия взаимодействующих факторов, обуславливающих то или иное состояние окружающей среды и ее воздействие на человека, определить те из них, которые являются приоритетными для данного региона. С этой точки зрения особую актуальность в современных условиях химически загрязненной среды, что приводит к ее выраженной трансформации, приобретает базовый принцип биогеохимической гетерогенности биосферы, сформулированный В.И. Вернадским. Именно на его основе должны осуществляться управление многими производственными процессами и развитие социально-экономической сферы, что и будет означать переход от биосферы к ноосфере — научно обоснованному управлению. Ключевым моментом в учете биогеохимических особенностей региона является осознание значимости почвы, обуславливающей

особенности биогенной миграции элементов в биогеохимических пищевых цепях, замыкаемых в абсолютном большинстве случаев человеком, и регулирующей все биогеохимические циклы.

При этом одним из важнейших приоритетов национальной безопасности любого государства является состояние человеческого потенциала, который вместе с ресурсным потенциалом и обеспечивает реализацию любого из сценариев экономического развития. Чем более высоки темпы этого развития (от консервативного до инновационного и целевого или форсированного сценария), тем более высокие требования к человеческому потенциалу. В то же время практически во всем мире, и в том числе в Крымском регионе, несмотря на благоприятные природные условия, имеет место прогрессирующее ухудшение как состояния окружающей среды, так и качества здоровья населения [2].

Все это диктует необходимость взвешенного системного подхода к решению региональных медико-экологических задач, от которых зависит продуманность региональной политики не только в области охраны здоровья и окружающей среды, но и в целом в области социально-экономического устойчивого развития региона. В противном случае управленческие мероприятия в регионе и в целом его политика, как это сейчас главным образом и происходит, будут носить фрагментарный разрозненный характер, представляя собой набор несогласованных и неэффективных действий, не позволяющий решать главные проблемы регионального развития.

Реализация такого системного подхода является научно-практической задачей авторов этой статьи, которые в течение не одного десятка лет при весьма ограниченных организационных и финансовых возможностях последовательно продвигаются в этом направлении. Одним из начальных основополагающих принципов подобного рода исследований является сбор и анализ достоверной, а иногда просто доступной информации о состоянии здоровья и экологической ситуации в регионе. Ее анализу и реализации некоторых шагов в направлении внедрения изложенных выше базовых принципов медико-экологических исследований, служащих базой для регионального управления, посвящена настоящая статья.

1. Объекты и методы исследования

Поскольку важнейшим приоритетом экологической политики и экобезопасности является сохранение здоровья населения и благоприятной окружающей среды, главным инструментом управления в сфере обеспечения устойчивого регионального развития в настоящее время является оценка риска.

Оценка риска для здоровья

Поскольку основным индикатором качества среды в медико-экологических исследованиях является здоровье человека — индивидуальное и популяционное, базовой задачей в оценке воздействия среды на здоровье является оценка риска здоровью, которая в соответствии с определением, данным в Методическом руководстве РФ [3], в научном отношении представляет собой последовательное, системное рассмотрение всех аспектов воздействия анализируемого фактора или комплекса факторов на здоровье человека, включая обоснование уровней воздействия.

Для оценки риска нарушения состояния здоровья, обусловленного воздействием потенциально вредного фактора окружающей среды, например химических загрязнений атмосферного воздуха, в последние годы применяются такие показатели, как прирост величины относительного риска или процентное изменение анализируемого показателя здоровья на условную единицу концентрации (например, на каждые 10 мкг/м³) [3]. Наряду с этим для оценки риска некоторых химических веществ используются математические зависимости, характеризующие связь «концентрация — ответ». Однако в этом случае учитывается и оценивается один возможный путь поступления в организм того или иного загрязнителя, в то время как физиологические механизмы адаптации, точнее, дезадаптации, к загрязненной среде диктуют необходимость оценки суммарного воздействия на организм комплекса экологических факторов и условий.

В этом случае на начальном этапе изучения состояния здоровья населения важную роль в его качественной оценке играет анализ популяционного здоровья по данным медицинской статистики. С этой целью нами проанализированы заболевания (суммарная обращаемость в органы здравоохранения, включающая и первично выявленные,

и повторные заболевания) населения Республики Крым как в целом, так и заболеваниями, которые считаются индикаторными (врожденные аномалии, новообразования) или экологически зависимыми (заболевания барьерных систем, через которые осуществляется поступление поллютантов в организм человека) за период с 1994 по 2015 г.

Помимо изучения временной динамики и пространственной неоднородности состояния здоровья населения нами был оценен относительный риск здоровью в городах и административных районах Крыма. Для этого использовали получивший в последнее время большое распространение подход к определению риска неблагоприятного события, который учитывает не только вероятность этого события, но и его возможные последствия для здоровья человека. Относительный риск (RR) позволяет рассчитать риск развития заболевания при воздействии определенного фактора (в нашем случае проживание в одном из городов или регионов Крыма, которые представляют собой определенный комплекс природных и техногенных факторов) по сравнению с отсутствием данного фактора [4]. В качестве последнего рассматривали среднюю болезненность на 100 000 населения по данному виду заболевания по всей Республике Крым:

$$RR = \frac{\text{Болезненность для региона}}{\text{Болезненность по РК}}$$

Если $RR = 1$, то разницы в уровне болезненности нет и проживание в регионе не влияет на исследуемых показатель.

Если $RR < 1$, то риск болезненности для населения, проживающего в регионе, меньше.

Если $RR > 1$, то у населения, проживающего в регионе, повышенный риск развития болезненности по исследуемому признаку.

С целью определения сходных по степени риска и нозологическому профилю населенных пунктов применяли кластерный анализ данных.

Следует отметить, что для обоснования уровней воздействия необходимы исследования риска индивидуальному здоровью, базирующиеся на сопоставлении данных биологического (содержание загрязнителей в биоматериалах организма человека) и физиологического мониторинга (данные о функциональном состоянии систем-мишеней для воз-

действия поллютантов). Частично это вопросы затрагивались нами ранее [5]. Они позволяют прежде всего решать задачи оценки риска экологического нормирования на конкретных территориях путем локальных мониторинговых исследований [6, 7] и не являются предметом рассмотрения в данной статье.

Оценка риска для экосистем

Риск развития неблагоприятных эффектов воздействия на экосистемы в настоящее время оценивают посредством сравнения фактических нагрузок с критическими, которые являются экосистемным показателем, учитывающим природную устойчивость экосистем. Ранее нами были выполнены аналогичные исследования в отношении тяжелых металлов [8]. Поскольку в данной статье нас интересовало возможное сопряжение медицинских и экологических данных в отношении такого приоритетного вида загрязнения, как загрязнение атмосферы, а приоритетными атмосферными загрязнителями являются кислотообразующие соединения, одной из задач настоящего исследования явился расчет величин критических нагрузок в отношении нейтрализации кислотной составляющей атмосферных выпадений как количественной оценки потенциала экосистем. Основным компонентом атмосферных выпадений, вносящим наибольший вклад в суммарную кислотность осадков, вносят окислы серы, для которых рассчитывают критическую нагрузку максимальной серы ($KH(S)_{max}$). Другим компонентом являются окислы азота, вклад которых в общую кислотность влияет на величину допустимой нагрузки для серы. Определение КН для соединений азота важно и для решения проблемы нарушения баланса азота в естественных и полустественных экосистемах во всем мире и в особенности в Центральной и Западной Европе, характеризующейся высоким атмосферным выпадением этого элемента [9].

Величина КН зависит от баланса химически активных протонов и катионов в природных системах, поэтому базовый алгоритм расчета величин $KH(S)$ выглядит следующим образом:

$$KH(S)_{max} = BC_{dep} + BC_w - Cl_{dep} - BC_{upt} - ANC_{le(crit)}$$

где $KH(S)_{max}$ — максимальные критические нагрузки серы;

BC_{dep} — поступление в экосистему основных катионов ($Ca + Mg + K + Na$), г-экв/га/год;

BC_w — внутрипочвенное выветривание основных катионов;

Cl_{dep} — поступление анионов Cl с атмосферными выпадениями;

BC_{upt} — поглощение основных катионов растительной биомассой, г-экв/га/год;

$ANC_{le(crit)}$ — критическое вымывание щелочности, или выщелачивание кислотонейтрализующей способности, которое определяли следующим образом:

$$ANC_{le(crit)} = -Q([H]_{crit} + K_{gibb}[H]^3_{crit}),$$

где Q — средний годовой объем влаги, просачивающейся через верхний почвенный слой осадков, $m^3/га/год$;

$[H]_{crit}$ — критическая концентрация протонов ($= 0,1$ экв. m^{-3} , что соответствует pH 4,0);

K_{gibb} — гиббситовый коэффициент, $m^6/г-экв^2$ ($= 300$) (UBA 1996).

При этом критическую нагрузку для кислотности $KH(A)$ определяли как разность $BC_w - ANC_{le(crit)}$.

Для соединений азота рассчитывали несколько видов критических нагрузок: минимальную нагрузку ($KH(N)_{min}$), максимальную нагрузку ($KH(N)_{max}$), нагрузку по питательному азоту (N_{nut}). Они характеризуют наименьший уровень поступления азота, обеспечивающий сохранение продуктивности рассматриваемых экосистем, максимальный уровень поступления окислов азота, при котором не происходит падения уровня кислотности ниже критического уровня при сохраненном для биоты питательном режиме почв; поступление азота в количестве, не вызывающем его избытка в экосистемах (эвтрофирование) соответственно.

$$KH(N)_{min} = N_u + N_i$$

$$KH(N)_{max} = KH(N)_{min} + KH(S)_{max} / (1 - f_{de});$$

$$KH_{nut}(N) = N_i + N_u + \frac{N_{le(acc)}}{1 - f_{de}},$$

где N_u — поглощение азота растениями;

N_i — долгосрочная иммобилизация почвенного азота, г-экв/га/год;

f_{de} (denitrification fraction) — доля денитрификации как функция дренажа почвы — величина, свя-

званная с типом почвы и принимаемая равной 0,1 для почв легкого гранулометрического состава без процессов оглеения, 0,5 — для песчаных оглееных почв, 0,7 — для почв тяжелого гранулометрического состава, 0,8 — для торфяных;

$N_{le(acc)}$ — допустимое выщелачивание азота.

На основе данных о почвах и землепользовании с учетом таких показателей, как температура, количество осадков, выпадения основных катионов и др. иммобилизация азота составляла 71,4 г-экв/га/год. При содержании глины 10,5% f_{de} принимался равным 0,1, а при содержании глины 32,5% — 0,7 г-экв/га/год. При этом критические концентрации азота для хвойных, смешанных и лиственных лесов составили 0,0143, 0,02095 и 0,0276 г-экв. м⁻³ соответственно.

Для оценки экологического риска от действия окислов азота и серы были определены превышения критических нагрузок в двух из используемых ранее [6] ячеек сетки 5 × 5 км, для которой были рассчитаны КН для экосистемы лес. Это экспериментальные площадки в Крымском природном заповеднике и Никитском ботаническом саду.

Оценивание превышений производилось на основе официальных данных Управления по гидрометеорологии и мониторингу среды Республики Крым о среднегодовом количестве осадков и содержании в них нитратов, сульфатов и аммония за 2015 г.

Кроме этого, для общей оценки ситуации проводили полевые исследования состава почв в восточном, центральном, южном, северном и западном регионах Крыма, а также оценивали содержание состава сульфатов, нитратов и аммония в почвах по данным Министерства экологии и природных ресурсов.

2. Результаты

Приоритеты экобезопасности в Крымском регионе

Важнейшим приоритетом общегосударственной экобезопасности является сохранение здоровья населения в условиях глобальной антропогенной трансформации окружающей среды. Поэтому в числе необходимых механизмов общегосударственной политики, направленных на обеспечение экологической безопасности регионов, в связи с вышеизложенным следует считать: биогеохимическое

районирование территорий Крымского полуострова по степени экологической безопасности, основанное как на традиционных показателях, используемых в отечественной и международной практике (ПДК, превышения критических нагрузок, демографические показатели, данные медицинской статистики и пр.), так и показателях обобщенной оценки экологического риска для здоровья и степени его обусловленности действием экологических факторов (коэффициенты дисбаланса, коэффициенты детерминации, показатели адаптированности популяций [10, 11]; разработку на их основе системы оценочных критериев экологической безопасности; создание интегрированных банков экологических и медицинских данных, математических моделей для прогноза изменения состояния здоровья населения при определенных сценариях развития экологической ситуации, а также комплекса реабилитационных и рекреационных мероприятий, рекомендуемых в соответствии со степенью и спецификой экологической опасности.

В предыдущих публикациях приводились общая схема и результаты отдельных фрагментов реализации такого комплексного подхода в Крымском регионе, который заключался в осуществлении медико-экологических мониторинговых исследований разного уровня: регионального, субрегионального и локального, решающих разные научно-практические задачи [6].

Помимо специфических рисков инфекционной заболеваемости (например, сибирская язва, лептоспироз, туляремия), обусловленной действием тех или иных биологических факторов среды в Крыму, главной проблемой для здоровья населения любого региона является рост неинфекционной заболеваемости, имеющей полифакториальную природу.

Медицинский мониторинг, направленный на отслеживание динамики заболеваемости населения Республики Крым, позволил оценить общую картину состояния здоровья его населения за период с 1994 по 2015 г., выявить основные тенденции, временную и пространственную неоднородность.

Данные по общей заболеваемости населения Республики Крым показали за все последние 20 лет постепенный рост (рис. 1).

Среди различных видов болезней наибольший интерес с точки зрения влияния внешней среды

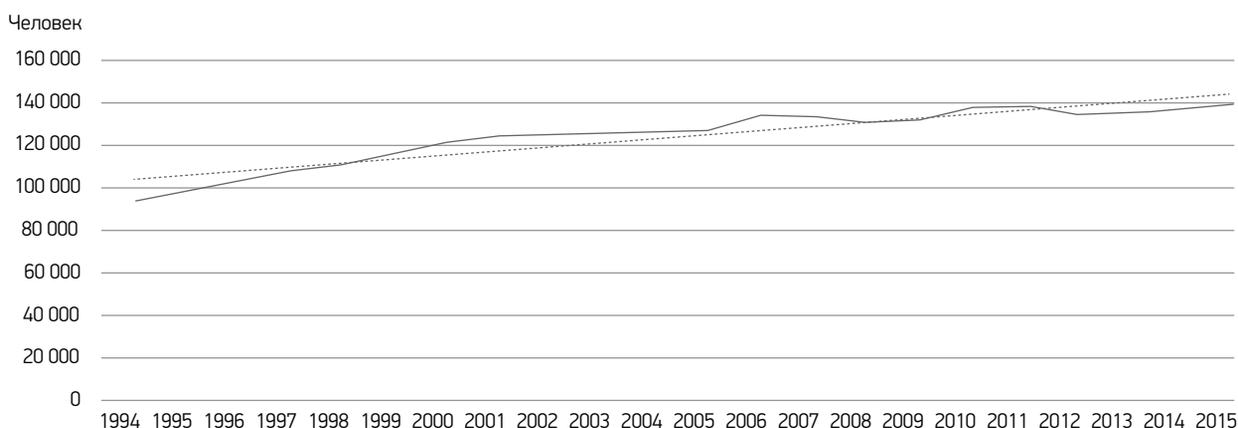


Рис. 1. Динамика общей болезненности населения Республики Крым за 1994—2015 гг.

на состояние здоровья представляют так называемые индикаторные, экологически зависимые и экологически обусловленные заболевания [12]. Ниже представлены графические данные для некоторых из них на территории Республики Крым. Так, к числу наиболее экологически зависимых нарушений относятся врожденные аномалии, которые возникают в результате суммарного действия химических веществ, обладающих мутагенными свойствами и поступающих в организм всеми возможными путями: с атмосферным воздухом, пищей, водой. Все приведенные ниже графики свидетельствуют о постоянном росте этого вида патологии во всех городах и населенных пунктах Республики Крым, за исключением некоторых флуктуаций в отдельные годы (рис. 2).

Аналогичная картина имеет место в отношении и других экологически обусловленных или зависимых заболеваний (онкология, эндокринная система и т.д.), фактором риска развития которых может служить суммарное поступление в организм химических загрязнителей окружающей среды по всем возможным путям (рис. 3).

К числу экологически зависимых заболеваний относятся заболевания так называемых барьерных систем, через которые происходит поступление загрязнителей в организм. К их числу относится дыхательная система, заболевания которой развиваются прежде всего вследствие загрязнения атмосферного воздуха, в особенности те из них, которые возник-

ают в результате раздражающего действия атмосферных загрязнителей и аллергизации организма (рис. 4). В отношении этой системы также отмечается в целом незначительный рост, однако имеет место некоторое снижение болезненности за последние 5 лет, что соответствует в целом флуктуациям выбросов в атмосферу [13].

Сходная динамика имеет место и в отношении такого заболевания верхних дыхательных путей, как аллергический ринит.

Как было отмечено ранее [7], в качестве следующего шага при анализе медицинских данных с точки зрения влияния среды на качество здоровья может быть полезен кластерный анализ, который позволит произвести типизацию территорий по профилю заболеваемости с целью дальнейшего поиска возможных общих факторов, обуславливающих данное заболевание на конкретной территории. Его результаты свидетельствуют, что имеется определенное сходство между собой и существенное отличие от всех других городов и административных районов города Симферополя и Сакского района.

Обращает внимание принципиальное сходство полученных результатов, что является понятным, поскольку заболеваемость дыхательной системы — весьма распространенный вид патологии (рис. 5).

В то же время кластеризация территорий по заболеваниям отдельных органов (рис. 6) дыхательной системы обнаруживает существенные отличия.

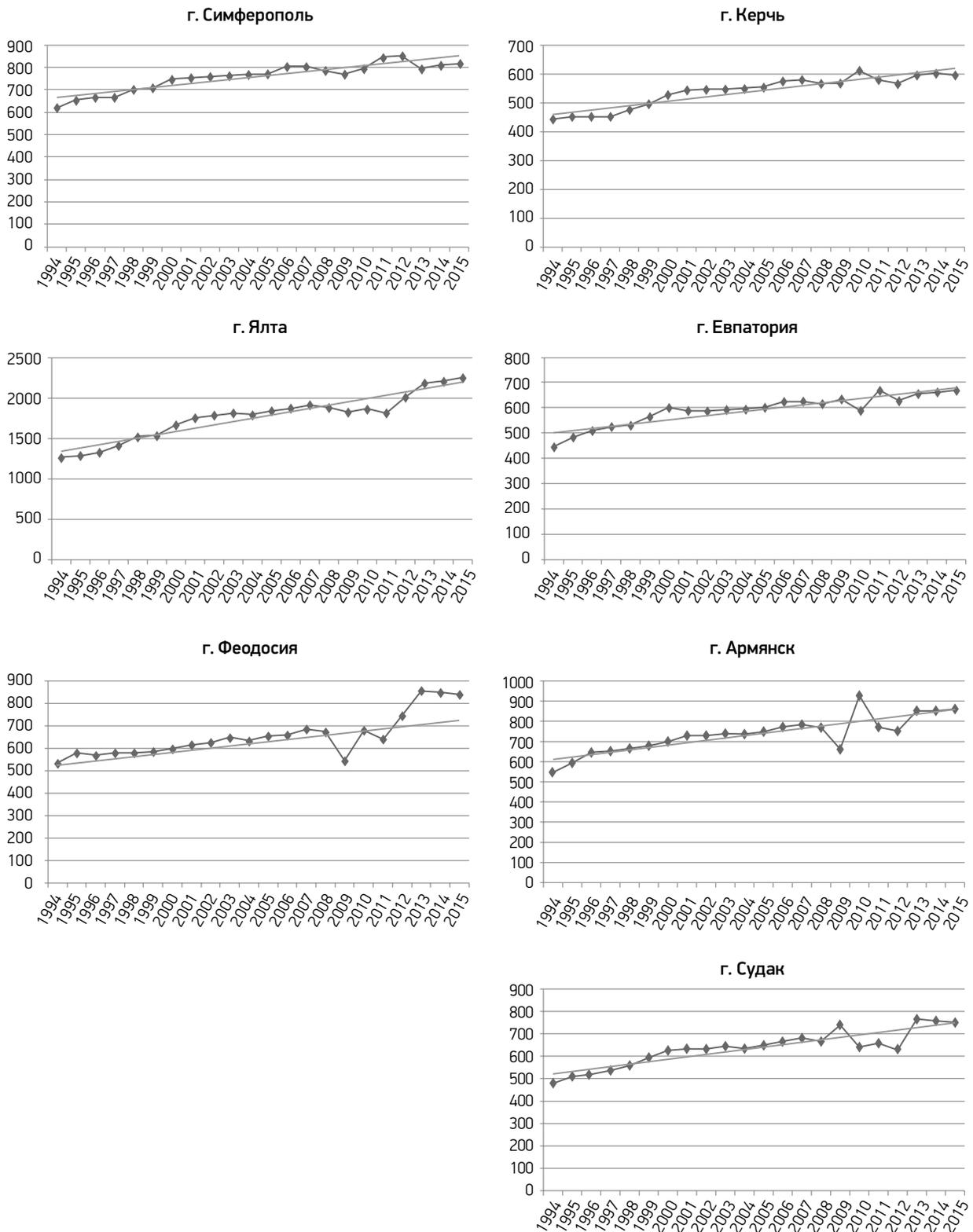


Рис. 2. Динамика врожденных аномалий у населения в городах Республики Крым

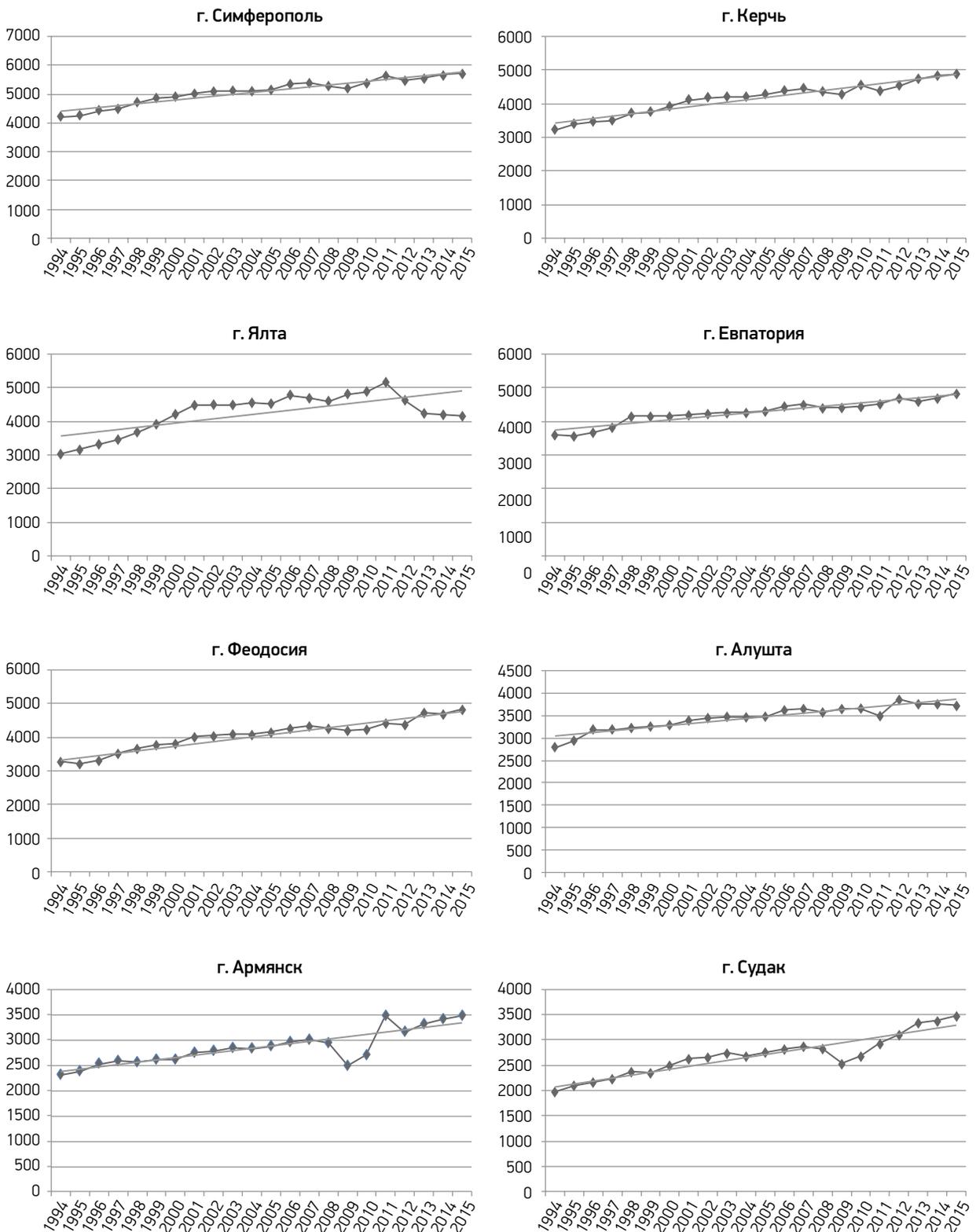


Рис. 3. Динамика новообразований у населения в городах Крыма

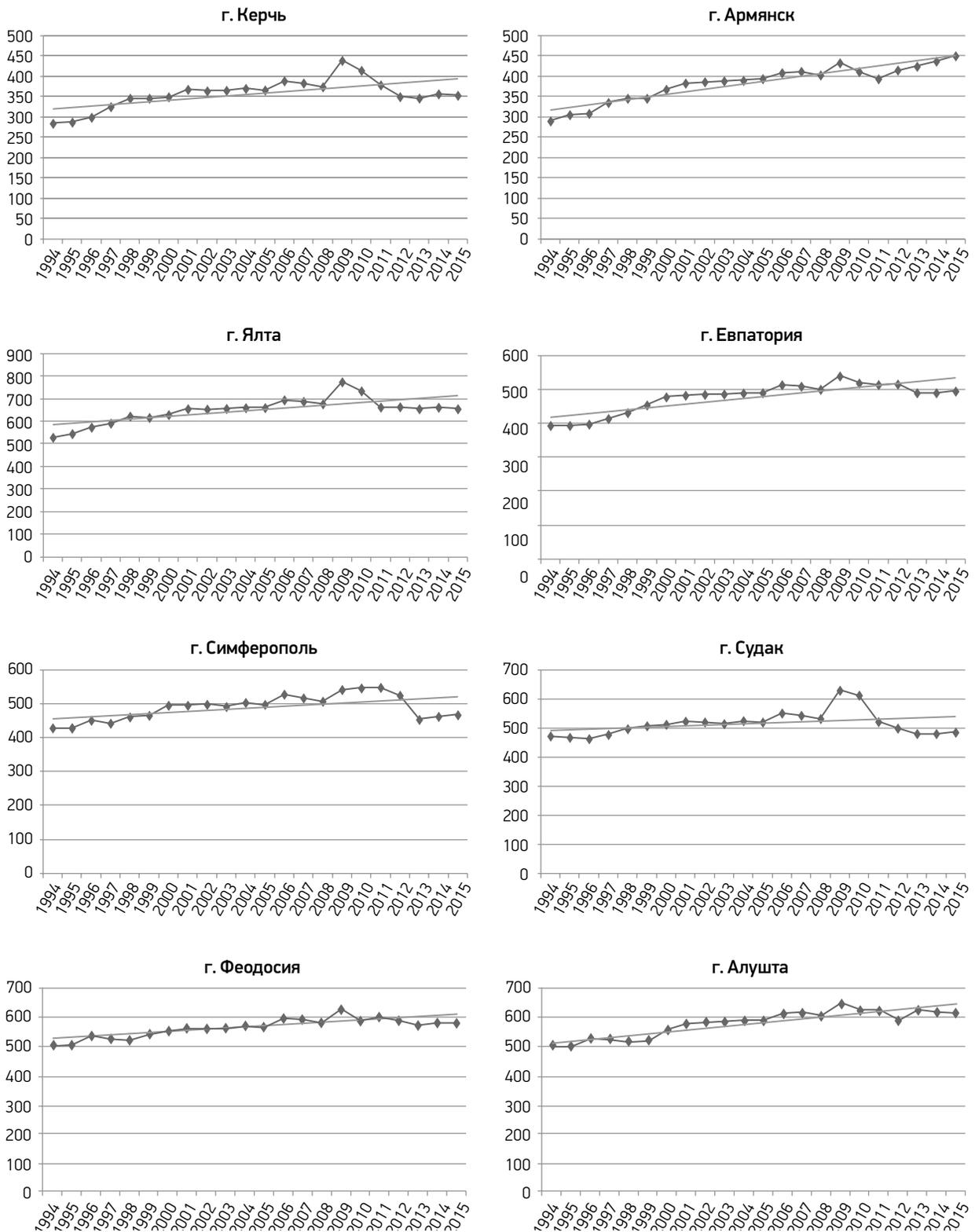


Рис. 4. Динамика заболеваемости населения астмой в различных городах Республики Крым

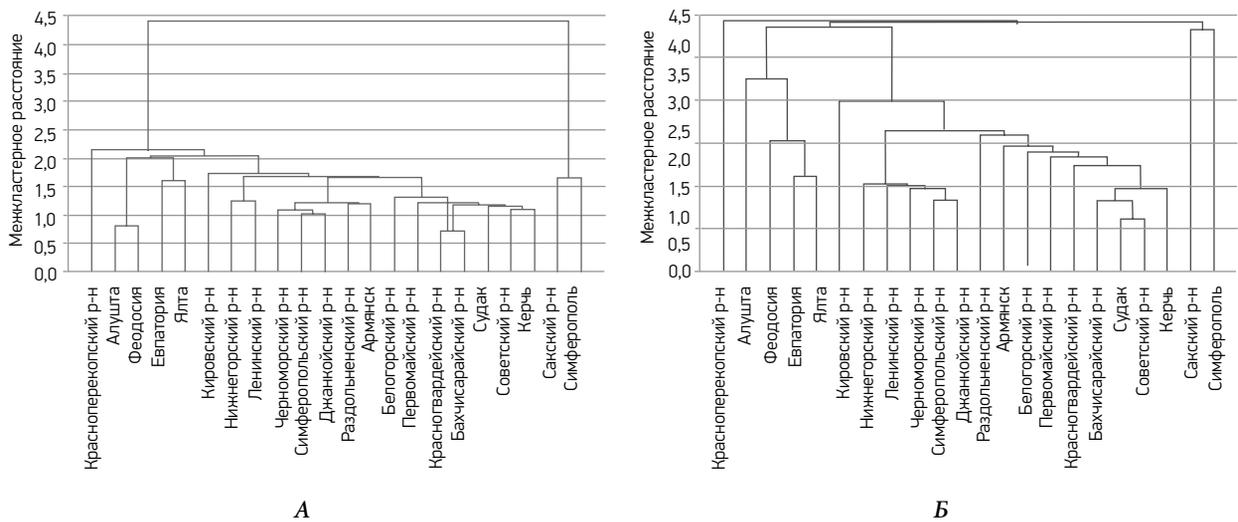


Рис. 5. Результаты кластерного анализа общей болезненности (А) и болезненности дыхательной системы (Б) населения Республики Крым за период 1994—2015 гг.

Однако кластерный анализ дает представление о некоторой качественной в плане состояния здоровья населения гетерогенности территорий, но не предоставляет возможности хотя бы с какой-то степенью определенности говорить о ее причинах.

Оценка риска на различных территориях позволяет сориентироваться в некоторых количественных оценках здоровья. Она показала, что

в целом риск для здоровья выше в городах Крыма, чем в сельской местности, однако и при этом виде анализа обращает на себя внимание Сакский район (рис. 7). Тем не менее и в остальных регионах степень риска может существенно различаться, что требует углубленного анализа с учетом специфики территории, в том числе биогеохимической.

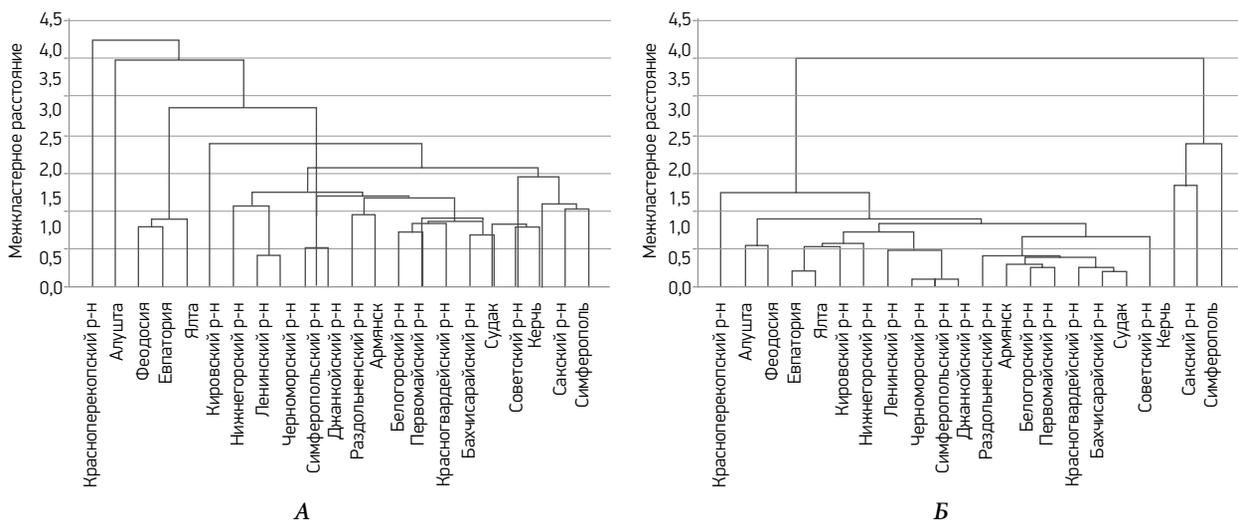


Рис. 6. Результаты кластерного анализа по заболеваемости отдельных органов дыхательной системы

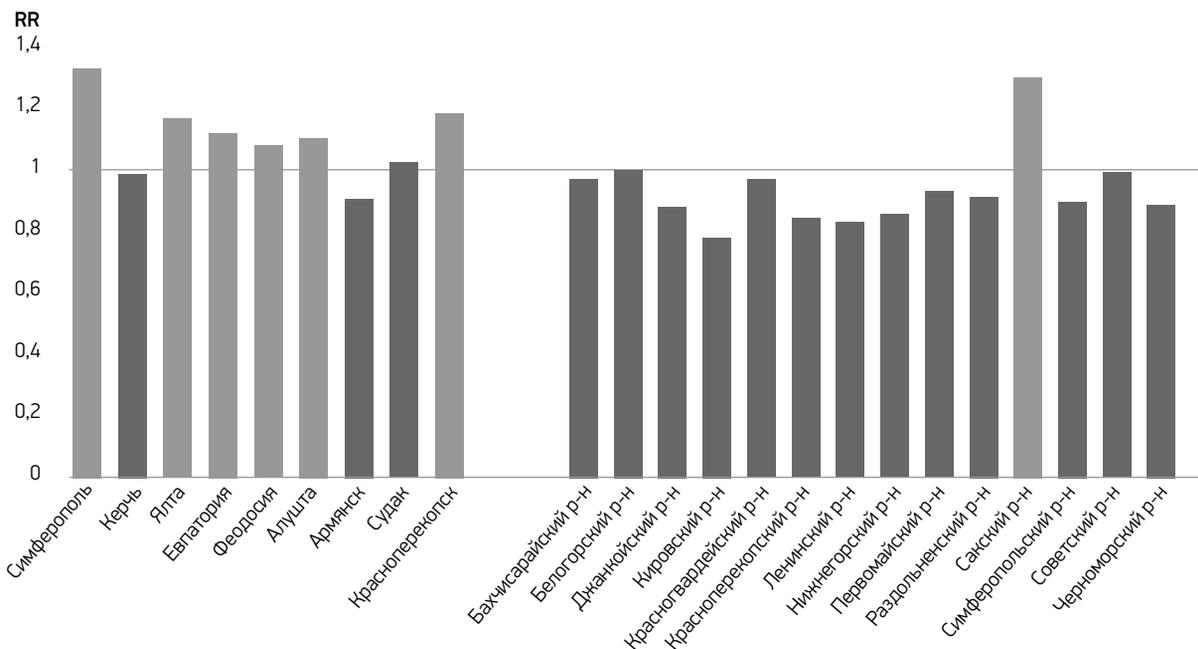


Рис. 7. Относительный риск общей болезненности в городах и административных районах Республики Крым за период 1994—2015 гг.

В целом неблагоприятные тенденции в изменении состояния здоровья требуют поиска конкретных факторов, имеющих наиболее значительный вес в его обусловливании на разных территориях Крымского полуострова. Проще всего начать такой анализ с оценки влияния на здоровье атмосферного загрязнения. Анализ загрязнения атмосферного воздуха по данным Управления гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Крым показал, что превышение ПДК практически всеми регистрируемыми загрязнителями атмосферы в 2015 г. имело место в г. Армянске. При этом превышение ПДК отдельными загрязнителями имело место в Красноперекоске (диоксид азота) и Ялте (пыль) (рис. 8).

Определение же относительных рисков болезненности дыхательной системы по городам и районам Республики Крым (рис. 9) показало как некоторые общие и понятные закономерности для болезненности в целом, так и специфические особенности региональной неоднородности риска отдельных заболеваний дыхательной системы. Так, в целом можно отметить, что риск заболеваний дыхательной системы выше в городах, чем в сельской

местности (см. рис. 9). При этом он наиболее высок в таких городах, как Симферополь, Ялта, Армянск, Красноперекоск, Судак и Феодосия, где представлены промышленные предприятия или имеются насыщенный трафик и загрязнение атмосферы автотранспортом. Однако обращает внимание некоторое содержательное противоречие с официальными данными о концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе этих городов, которые приведены выше. В соответствии с ними только Армянск характеризуется значительным превышением всех загрязняющих веществ, в то время как уровень общей заболеваемости дыхательной системы и риск развития ее заболеваний находится практически на том же уровне, что и в Симферополе, где, по данным Управления по гидрометеорологии и мониторингу среды Республики Крым, не имеется или практически не имеется превышений.

В то же время несколько иная картина наблюдается для отдельных заболеваний органов дыхания. Так, риск развития заболеваний верхних дыхательных путей (аллергический ринит), вероятно, прежде всего по причине раздражающего действия вдыхаемых поллютантов, выше в Симферополе и Ялте,

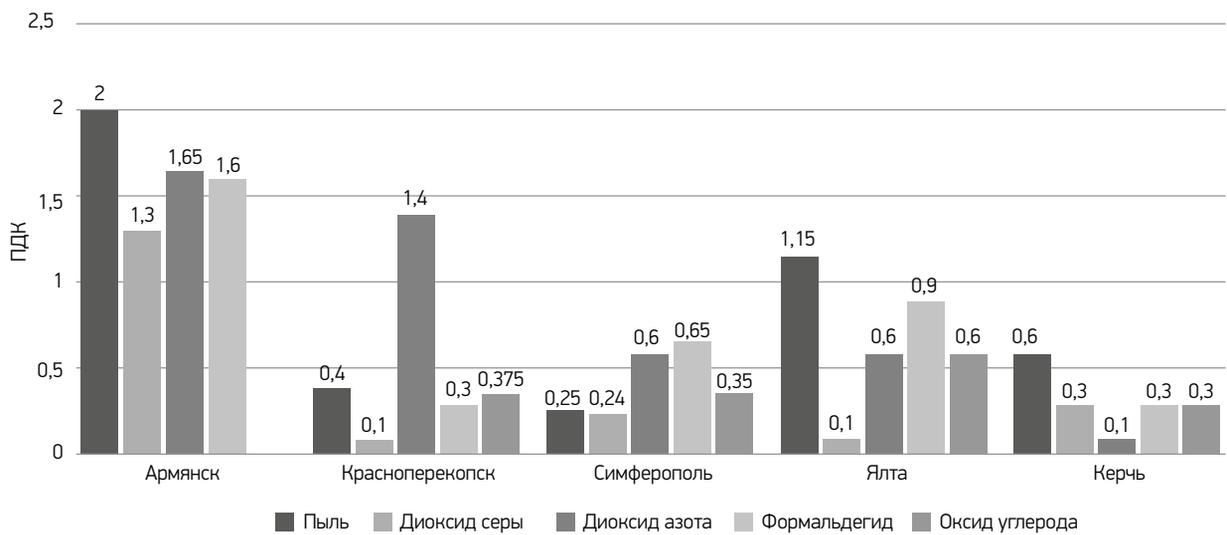


Рис. 8. Уровень загрязняющих веществ в атмосфере городов Республики Крым по отношению к предельно допустимым концентрациям

где интенсивное транспортное движение, а также в Армянске и Судаке. Такой же, как в Судаке, риск возникновения этого заболевания в Белогорском районе за счет прежде всего заболеваемости в г. Белогорске, который является местом пересечения до-

рог, соединяющих южнобережье и Симферополь с северо-восточной частью Крыма.

Что касается такого экологически зависимого заболевания, как бронхиальная астма, то несколько неожиданным, на первый взгляд, является сравни-

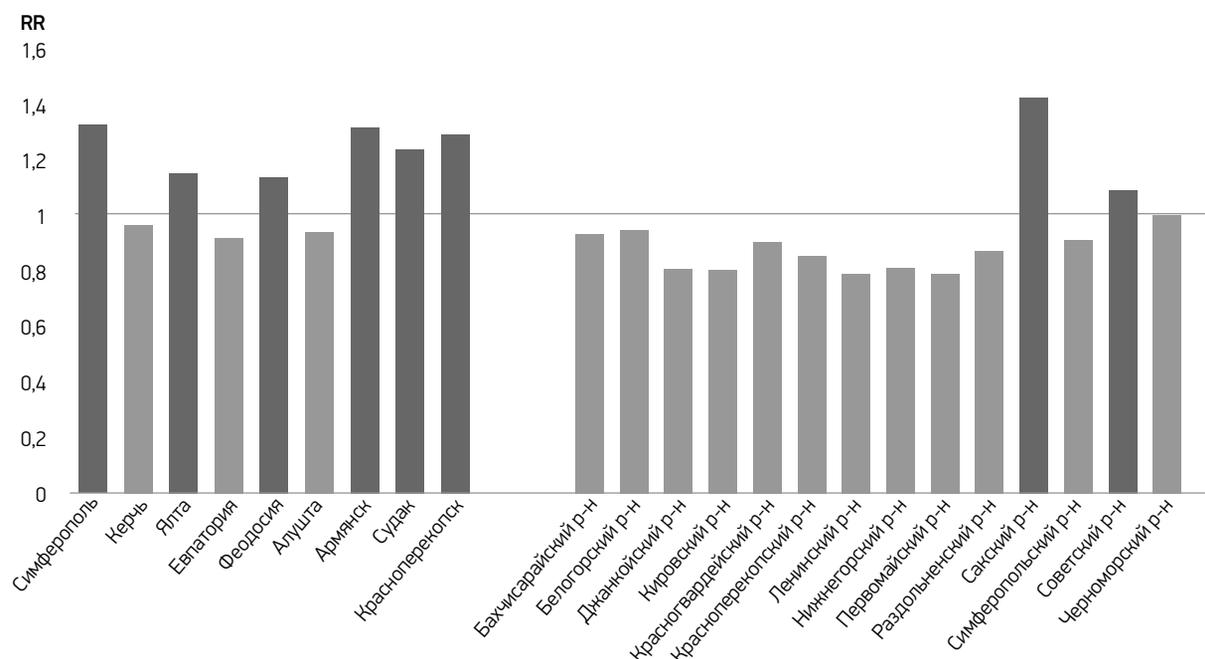


Рис. 9. Относительный риск развития болезней дыхательной системы

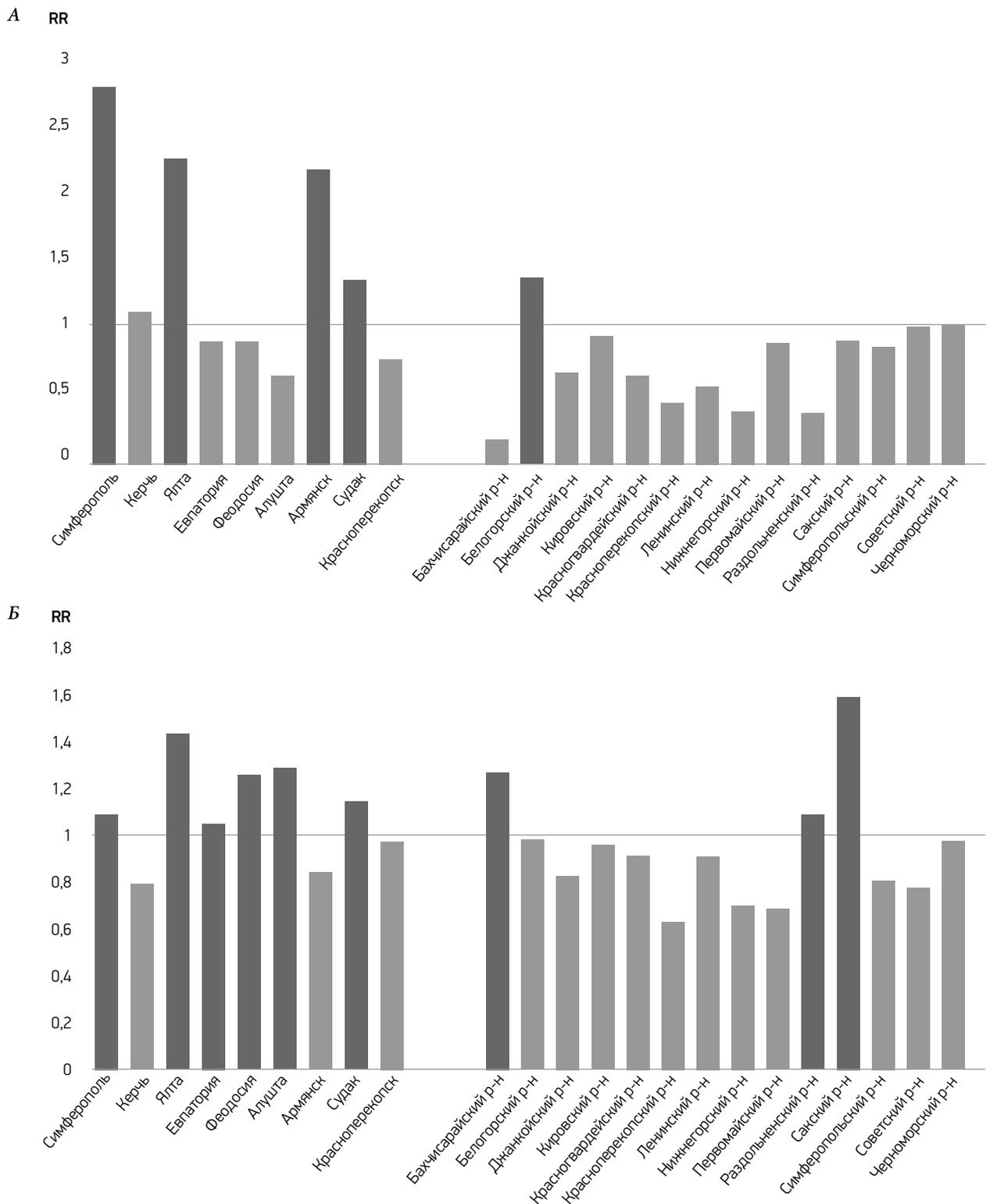


Рис. 10. Относительный риск развития аллергического ринита (А) и бронхиальной астмы (Б) в городах и административных районах Республики Крым

тельно низкий риск в промышленных городах Армянске и Красноперекопске, в то время как во всех остальных городах, за исключением Керчи, и даже трех районах (Сакский, Бахчисарайский и Раздольненский) этот риск выше единицы (рис. 10). Обращает внимание, что два последние являются типично сельскохозяйственными, в связи с чем вероятным фактором риска развития этого заболевания может служить более основательная алергизация организма не только и не столько вследствие поступления поллютантов через дыхательную систему, но и с пищей, содержащей остаточные количества агрохимикатов.

Таким образом, результаты оценки риска для здоровья дают больше оснований для осознания проблемы, чем оценка экологической ситуации посредством использования традиционных ведомственных подходов и гигиенических нормативов атмосферного загрязнения. В связи с этим следует вернуться к критическим замечаниям в отношении ограниченной информативности и недостаточной объективности такой оценки экологической ситуации, что в современных условиях не отвечает принципам экологического нормирования [6].

По этой причине экологический мониторинг на территории республики за последние десятилетия помимо традиционных мероприятий включал проведение научных исследований по расчету экологических нормативов (критических нагрузок — КН) в соответствии с методиками европейской Конвенции о трансграничных переносах атмосферных загрязнителей для тяжелых металлов [8]. В контексте данной работы были рассчитаны КН для окислов азота и серы для лесных экосистем (рис. 11), а также оценена фактическая нагрузка этими загрязнителями на фоновые экспериментальные площадки Крымского природного заповедника. Результаты этой работы показали, что допустимые критические нагрузки для окислов азота и серы для лесных экосистем Крыма составили: $KH(S)_{max}$: 700—1000, 1001—1500 и > 1500 г-экв/га/год; $KH(N)_{min}$: < 400 , 400—500, > 500 г-экв/га/год; $KH(N)_{max}$: < 2000 , 2000—4000, > 4000 г-экв/га/год; $KH_{nut}(N)$: < 400 , 400—500, > 500 г-экв/га/год.

Количество осадков на этой территории за 2015 г. составило в среднем 600 мм, а концентра-

ция в них сульфатов, нитратов и аммония 2,58 мг/л, 1,45 мг/л, 0,12 мг/л соответственно.

При учете только влажных осадков произведенные расчеты показали, что фактическое выпадение сульфатов с влажными осадками составило: $2,58 \text{ мг/л} \times 8\,000\,000 \text{ л/га} = 20\,640\,000 \text{ мг}$, или 20 640 г/га, или 645 г-экв/га/год, или 15 480 г/га, или 483,75 г-экв/га/год серы; нитраты: $1,45 \text{ мг/л} \times 6\,000\,000 \text{ л/га} = 8700 \text{ г/л}$, или 621,4 г-экв/га/год азота, а также с аммонием: $0,12 \text{ мг/л} \times 6\,000\,000 \text{ л/га} = 720 \text{ г/л}$, или 51,4 г-экв/га/год азота.

Таким образом, суммарные выпадения азота на экосистему лес на данной территории составили 672,8 г-экв/га/год, а серы 483,75 г-экв/га/год.

Сравнение фактической нагрузки с допустимой показывает, что в таком относительно чистом локусе, однако располагающемся в географической близости к г. Ялте, минимальная допустимая нагрузка азота колеблется в пределах 400—500 г-экв/га/год азота и ее можно считать превышенной в данной ячейке сетки, хотя максимальная нагрузка таковой не является. В отношении серы можно считать, что превышений не обнаружено. Эти данные в целом сопоставимы с оценками посредством ПДК, приведенными выше, которые свидетельствуют о низком в сравнении с ПДК (0,1) содержании окислов серы и окислов азота (0,6) в воздухе г. Ялты. Однако следует иметь в виду, что эти данные не учитывают общую нагрузку окислами азота и серы, а количество осадков, как правило, невелико в Крымском регионе. Поэтому реальная суммарная нагрузка окислами может быть существенно выше как для экосистемы лес, так и для урбоэкосистемы и здоровья человека, о чем косвенно, но определенно свидетельствуют данные оценки риска заболеваемости дыхательной системы.

В пользу этого свидетельствует также и содержание нитратов, сульфатов и аммония в почвах некоторых из исследованных территорий (таблица).

Так или иначе необходимы системный анализ данных, позволяющих комплексно оценить медицинские и экологические данные, свидетельствующие о каком-либо неблагополучии в отношении здоровья, и определение факторов, увеличивающих риск конкретных заболеваний, прежде всего тех из них, для которых уже установлена и понятна эколо-

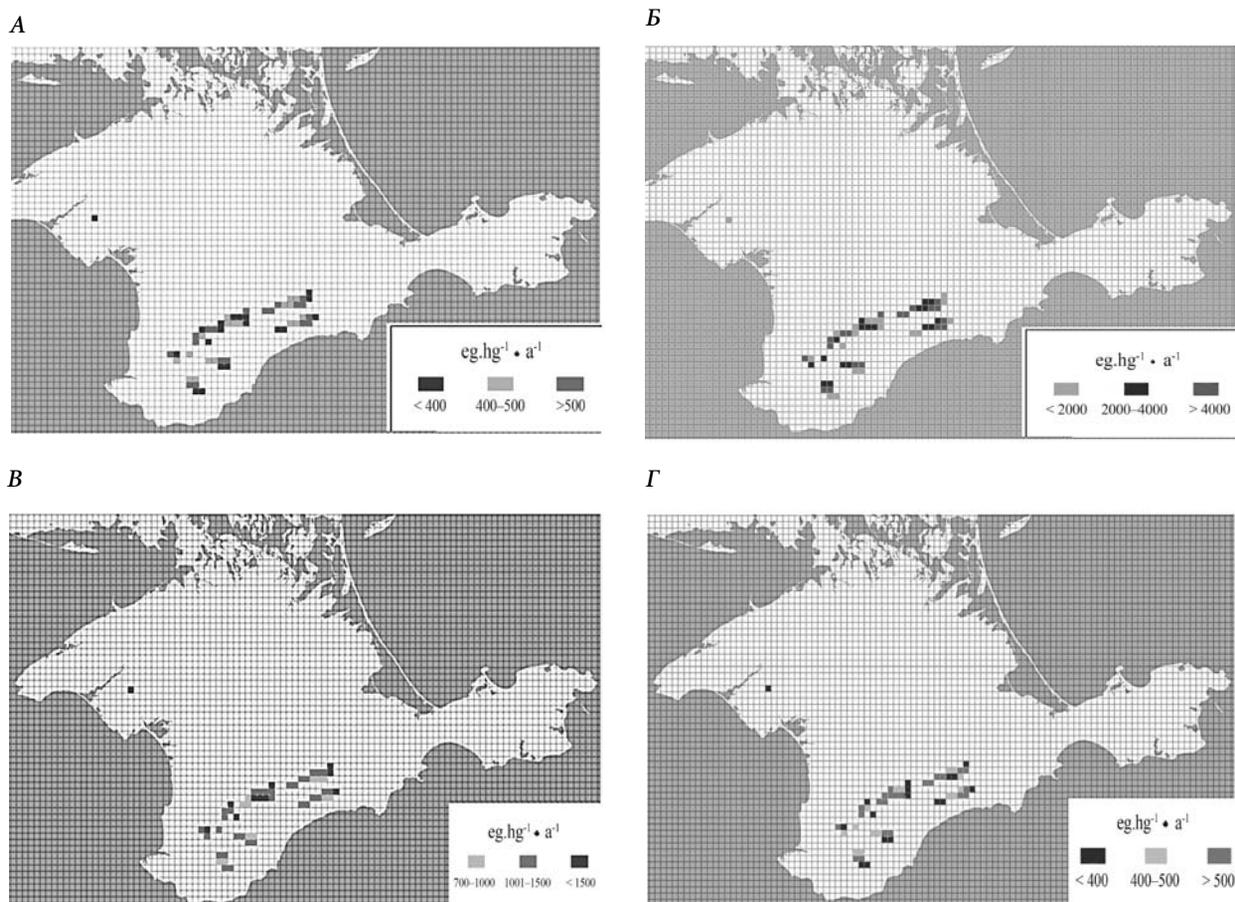


Рис. 11. Критические нагрузки окислов азота и серы: минимальные азота (А), максимальные азота (Б), серы (В) и питательного азота (Г)

гическая зависимость или обусловленность. Только в этом случае возможны обоснованные и результативные действия, направленные на снижение риска и управление им.

В этом плане наиболее сложная часть медико-экологических исследований и определения приоритетов экологической опасности для здоровья на той или иной территории заключается в интеграции медико-экологических данных, особенно эколого-физиологических данных, позволяющих не только качественно оценить степень благополучия/неблагополучия территории, но и определить размеры допустимого загрязнения внутренней среды организма без существенных необратимых последствий для его здоровья и качества адаптации к среде обитания. Если последнее более важно для экологического нормирования воздействия на че-

ловека и практической медицины, особенно в части экологической реабилитации человека, то первое имеет значение как перспективный ориентир для управленческой практики.

Все это даст возможность с ясным пониманием возможных последствий для окружающей среды и здоровья населения планировать социально-экономические мероприятия в регионе, а следовательно, обеспечит научно обоснованное управление устойчивым развитием регионов, а их реализация на территории Республики Крым позволит достигнуть максимально возможных медицинских, социальных и экономических эффектов развития Крымского региона, а также выработать и рекомендовать уникальный опыт экологизации региональной социально-экономической политики, который может быть использован и в других регионах Рос-

Содержание окислов азота и серы, аммония в почвах Крымского полуострова (2008)

Таблица

Районы	pH	SO ₄ ²⁻ , мг/кг	NO ₃ ⁻ , мг/кг	NH ₄ ⁺ , мг/кг
Земли сельхоз. угодий				
Сакский район, с. Крымское, ОАО «Племзавод Крымский»	Фоновое содержание			
	7,25	—	—	4,2
	Среднее фактическое значение ± SD			
	7,94 ± 0,12	260,87 ± 174,76	177,2 ± 62,76*	5,65 ± 1,1
Земли заповедного фонда				
Крымский природный заповедник	7,33 ± 0,65	< 240,0	64,22 ± 26,03	2,9 ± 0,65
Земли населенных пунктов				
Сакский район, пгт. Михайловка	Фоновое содержание			
	7,48	—	—	1,2
	Среднее фактическое значение ± SD			
	7,66	< 240, 0	482,9 *	15,8
	Среднее фактическое значение ± SD			
7,76 ± 0,8	—	634,8 ± 337,52*	53,8 ± 13,83	
г. Симферополь, с. Фонтаны	Фоновое содержание			
	8,31	—	—	4,2
	Среднее фактическое значение ± SD			
8,01	768,0	351,7*	44,5	
Красногвардейский р-н, с. Некрасово	Фоновое содержание			
	7,65	—	—	1,2
	Среднее фактическое значение ± SD			
	8,01	191,5	112,4	12,9
г. Саки	Фоновое содержание			
	7,25	—	—	2,4
	Среднее фактическое значение ± SD			
6,77	239,0	170,0*	5,5	
Симферопольский р-н, АООО «Южная Холдинг»	Фоновое содержание			
	7,72	—	—	3,8
	Среднее фактическое значение ± SD			
	7,02 ± 0,5	321,25 ± 192,98	402,39 ± 66,32*	10,6 ± 12,94
г. Красноперекопск, КООА «БРПМ»	Фоновое содержание			
	6,87	—	—	—
	Среднее фактическое значение ± SD			
	6,1	—	385,9*	—

* Превышение ПДК.

сийской Федерации. Территориальная ограниченность Крымского полуострова в сочетании с высоким природным и техногенным разнообразием, рекреационной ценностью делает его особенно перспективным для разработки унифицированных подходов к изучению разнообразных аспектов этой проблемы и ее практическому решению.

Учитывая, что предпочитаемые сценарии экономического развития России предполагают превращение инновационных факторов в ведущий источник экономического роста, в рамках ведущихся исследований предполагается реализация инновационных подходов, заключающаяся в переходе от выявления территорий с наиболее неблагоприятными тенденциями в состоянии здоровья к оценке степени его экологической обусловленности, определения приоритетных факторов и уменьшения степени их влияния как путем реабилитационных мероприятий, так и посредством превентивных управленческих решений в сфере социально-экономического развития.

Благодарности. Научные результаты получены в том числе в ходе реализации программы академической мобильности на базе Южного федерального университета, ЦКП «Современная микроскопия» в рамках Сети академической мобильности «Развитие научных исследований в области экспериментальной медицины — РНИЭМ».

Литература

1. Пугиева Т.Н. Экологическая безопасность в системе национальных приоритетов современной России. Дис ... канд. полит. наук. Ставрополь, 2008. 198 с.
2. Атлас «Состояние здоровья населения Автономной Республики Крым» / Евстафьева Е.В., Капенко С.А., Подвигин Ю.Н., Ефимов С.А., Хайтович А.Б., Лагодина С.Е., Михайлова Т.П., Гурьева В.Н. // Комитет по науке и региональному развитию при СМ АРК: Симферополь, 2001. 86 с.
3. Рахманин Ю.А. и др. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.
4. Бельская Е.Н., Бразговка О.В., Судак Е.В. Методика расчета экологических рисков // Современные проблемы науки и образования. № 6. 2014.
5. Евстафьева Е.В. Оценка экологического риска для здоровья на территории Республики Крым // Проблемы анализа риска. 2014. Т. 11. № 5. С. 30—36.
6. Евстафьева Е.В. Методологические основы и методологические подходы к экологическому нормированию техногенного воздействия на организм человека // Таврический медико-биологический вестник. 2001. Т. 4. № 4. С. 7—11.
7. Башкин В.Н. Биогеохимия полярных экосистем в зонах влияния газовой промышленности. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2014.
8. Евстафьева Е.В. и др. Подходы к оценке риска от действия тяжелых металлов на наземные экосистемы на территории Республики Крым / Нараев Г.П., Сологуб Н.А., Карпенко С.А. // Проблемы анализа риска. 2015. Т. 12. № 5. С. 6—15.
9. Руководство по методологиям и критериям моделирования и картирования критических нагрузок и уровней, влияния атмосферных загрязнений, а также рисков и трендов: Конвенция ЭКЕ ООН по трансграничному загрязнению воздуха на большие расстояния. 2004. 307 с.
10. Евстафьева О.В., Залата О.О., Евстафьева І.А. Спосіб оцінки впливу біоелементів на функціональний стан центральної нервової системи // Патент на корисну модель № 64809 У опубл. 25.11.2011 р. Бюл. 22. 2011.
11. Евстафьева О.В., Залата О.О., Евстафьева І.А., Щьоголева М.Г. Спосіб оцінки впливу елементного дисбалансу на функціональні розлади нервової системи // Патент на корисну модель № 64810. Україна. МПК А61В5/103, А61В5/00 Опубл. 25.11.2011 р. Бюл. 22. 2011.
12. Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека (Печальный опыт России). Новосибирск: СО РАМН, 2002. 230 с.
13. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2014 году. Симферополь: ДИАЙПИ, 2015. 184 с.

Сведения об авторах

Евстафьева Елена Владимировна: заслуженный деятель науки и техники Автономной Республики Крым, доктор биологических наук РФ, доктор медицинских наук Украины, профессор, заведующая кафедрой нормальной физиологии и отдела экологических рисков Медицинской академии им. С.И. Георгиевского Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского
Количество публикаций: 350

Область научных интересов: экологическая физиология, экология человека, биогеохимия

Контактная информация:

Адрес: 295006, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, д. 5/7

Тел.: + 7 (365) 255-48-50

E-mail: e.evstafeva@mail.ru

Нараев Геннадий Павлович: министр Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым

Количество публикаций: 4

Область научных интересов: экология

Контактная информация:

Адрес: 295022, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Кечкеметская, д. 198

Тел.: +7 (365) 227-24-29

E-mail: krimpriroda@home.cris.net

Сологуб Наталья Александровна: заместитель министра Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым

Количество публикаций: 8

Область научных интересов: экология

Контактная информация:

Адрес: 295022, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Кечкеметская, д. 198

Тел.: +7 (3652) 27-24-29

E-mail: krimpriroda@home.cris.net

Карпенко Сергей Александрович: кандидат географических наук, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского

Количество публикаций: 77

Область научных интересов: география, экология, геоинформационные системы

Контактная информация:

Адрес: 295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект академика Вернадского, д. 4

Тел.: +7 (978) 766-93-87

E-mail: s_karpenko@ra

Белалов Вадим Вадимович: ассистент кафедры нормальной физиологии Медицинской академии им. С.И. Георгиевского Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского

Количество публикаций: 15

Область научных интересов: экологическая физиология, нейрофизиология

Контактная информация:

Адрес: 295006, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, д. 5/7

Тел.: +7 (365) 255-48-50

E-mail: Vadym.bielalov@gmail.com

Богданова Анна Михайловна: аспирант кафедры нормальной физиологии Медицинской академии им. С.И. Георгиевского Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского

Количество публикаций: 9

Область научных интересов: экологическая физиология, физиология висцеральных систем, нейрофизиология, физиология спорта

Контактная информация:

Адрес: 295006, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, д. 5/7

Тел.: +7 (978) 884-733

E-mail: annuta2607@yandex.ru

Тымченко Светлана Леонидовна: кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии Медицинской академии им. С.И. Георгиевского Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского

Количество публикаций: 25

Область научных интересов: экологическая физиология, физиология висцеральных систем, нейрофизиология, физиология спорта, кардиология

Контактная информация:

Адрес: 295006, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, д. 5/7

Тел.: +7 (978) 856-48-91

E-mail: e.evstafeva@mail.ru

Евстафьева Ирина Андреевна: кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры, факультет физической культуры и спорта, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского

Количество публикаций: 112

Область научных интересов: экологическая физиология

Контактная информация:

Адрес: Республика Крым, г. Симферополь, ул. Студенческая, д. 13/29

Тел. +7 (978) 707-34-10

E-mail: e.evstafeva@mail.ru