

УДК 504.75.05+314.172

Демография и заболеваемость в регионах России как показатели экологического состояния территорий

Н.Г. Булгаков, ведущий научный сотрудник, д-р биол. наук

А.П. Левич, ведущий научный сотрудник, д-р биол. наук

А.Л. Барабаш, аспирант

А.К. Юзбеков, ведущий научный сотрудник, д-р биол. наук

Биологический факультет МГУ им.М.В.Ломоносова

e-mail: bulgakov@chronos.msu.ru, apl@chronos.msu.ru, barabashandrej@yandex.ru

Ключевые слова:

демография,
здоровье человека,
предельно-допустимые концентрации,
качество окружающей среды,
Insitu-технология,
локальные экологические нормы.

В статье рассмотрены проблемы оценки качества среды и методические вопросы анализа экологических данных. Даны оценка и анализ использования Insitu-технологии контроля качества среды, рассматривается метод установления локальных экологических норм. По результатам работы предложены рекомендации по применению Insitu-технологии. Рассмотрены показатели демографии и заболеваемости в регионах России и стандарты экологических факторов.

1. Здоровье человека и экологическая обстановка

Во вступлении к материалам Международного форума «Здоровье человека и экология» (2012) подчеркивается, что среди многочисленных факторов, определяющих здоровье человека, к важнейшим относятся состояние окружающей среды и ее экологическая безопасность. По данным Минприроды России, примерно на 15% территории России, где проживает 60% населения, качество окружающей среды неудовлетворительное. В результате прошлой хозяйственной и иной деятельности образовалось значительное количество объектов, характеризующихся высокой степенью опасности для окружающей среды и здоровья населения, а также территорий, находящихся в кризисном экологическом состоянии. Выявлено 194 объекта накопленного экологического ущерба, в которых постоянно ухудшается качество природной среды и, как следствие, ухудшается здоровье населения. В России высокие показатели заболеваемости и смертности населения. Несмотря на заметное сокращение смертности в последние годы — с 16,1 на 1000 человек населения в 2005 г. до 13,5 в 2011 г., этот уровень все еще очень высокий по сравнению с европейскими странами (в среднем 9,7 в странах ЕС). Демографическая обстановка в России тесно связана с состоянием окружающей среды [1].

В настоящее время не решены, а в ряде случаев углубляются экологические проблемы, негативно влияющие на здоровье населения и демографическую обстановку в России:

- загрязнение атмосферы — загрязненность атмосферного воздуха может быть непосредственной причиной до 8% общего количества смертей ежегодно;
- загрязнение воды — около 10 млн человек употребляют питьевую воду, не соответствующую национальным допустимым нормам по содержанию одного или нескольких вредных веществ, в том числе по концентрации опасных химических веществ; свыше 72% сточных вод, подлежащих очистке, сбрасываются в водные объекты недостаточно очищенными, 17% — без очистки и только 11% — очищенными до установленных нормативов;
- загрязнение почвы — наблюдавшаяся с 2004 г. тенденция к превышению объемов восстанавливаемых (рекультивируемых) земель над нарушенными сменилась на противоположную;
- нарастают объемы отходов производства и потребления, растут масштабы загрязнения от передвижных источников в городах.

Принимаемые меры, по мнению экспертов, сопровождаются рядом проблем и противоречий.

Предписываемые ПДК и рассчитанные на их основе нормативы выбросов и сбросов предприятий не достижимы, так как затраты на их соблюдение могут превышать ВВП страны в несколько раз.

В условиях ограниченности финансовых ресурсов для решения экологических проблем страны повышенного внимания требуют наиболее неблагоприятные факторы окружающей среды, наносящие наибольший вред здоровью населения (пример — мелкодисперсные взвешенные частицы в атмосферном воздухе, воздействие которых обуславливает до 40 тыс. дополнительных смертей в год).

Не оценен риск от повышенного уровня шума и электромагнитных полей из-за отсутствия экспертных оценок, но во многих населенных пунктах регистрируются повышенные уровни этих физических факторов.

Текущее нормативно-правовое регулирование характеризуется устаревшей и несовершенной нормативной правовой базой — набором невыполнимых и противоречивых норм, содержащихся в различных законах.

Нормативы качества собственно окружающей среды, которые согласно действующему законодательству являются основой для установления нормативов допустимого воздействия на природную среду, не разработаны, нормативы допустимой антропогенной нагрузки (совокупное воздействие) в пределах конкретных территорий и (или) акваторий также не разрабатываются и не применяются.

Отсутствуют перечни основных приоритетных химических, физических и биологических неблагоприятных факторов окружающей среды, наносящих наибольший вред здоровью населения.

Применительно к человеку удобным показателем ухудшения состояния экосистем может служить подверженность взрослых и детей определенным заболеваниям, которые индуцируются факторами окружающей среды. Многочисленные исследования, проводившиеся в различных регионах России, показали убедительную связь между загрязнением окружающей среды и увеличением частоты болезней органов дыхания, пищеварения, болезней кожи, эндокринных, аллергических, иммунодефицитных болезней, осложнений беременности, врожденных патологий, а также возрастанием перинатальной и детской смертности, смертности от болезней крови, печени, онкологических заболеваний и т.д. Расчеты показывают, что вклад экологических факторов в ухудшение здоровья людей и развитие основных патологий составляет 40–60% [2].

Наиболее достоверной представляется оценка состояния антропогенных экосистем, базирующаяся на совокупном анализе нескольких показателей: средней и

относительной продолжительности жизни, среднего возраста, уровня жизни (хотя этот параметр требует выработки соответствующих критериев), а также репродуктивной функции, заболеваемости, медико-географического статуса, физического развития [3].

Обширная группа заболеваний, а также повышение общей заболеваемости напрямую связаны с интенсивным загрязнением питьевой воды [4], воздуха и почвы в результате производственной деятельности человека. Каждая из групп заболеваний имеет свои особенности (пространственное распределение, распространенность в популяции), но все они зависят от экологических факторов [5].

Степень влияния антропогенного воздействия на заболеваемость и смертность людей зависит от социальных особенностей, складывающихся на территории как крупных регионов, так и локальных районов или отдельных городов [5]. Важным фактором выступает уровень благосостояния жителей региона, выражаемый, например, величиной средней заработной платы.

Предлагаемые в работе подходы призваны внести вклад в решение ряда задач государственной политики в области экологического развития.

2. Проблемы оценки качества среды обитания

При оценке качества окружающей среды человека в современной российской практике используют нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) в воде, воздухе, почве, получаемые в результате токсикологических лабораторных экспериментов на подопытных популяциях организмов. Однако при применении ПДК в системе охраны здоровья человека возникает целый ряд проблем, заставляющих усомниться в экологической эффективности и адекватности этих нормативов.

Перечислим некоторые из таких проблем.

1. Экстраполяцию ПДК на реальные природные объекты нельзя считать правомерной, поскольку эти нормативы определяют в лабораторных условиях в экспериментах на изолированных популяциях организмов, принадлежащих к небольшому числу тестовых видов, по ограниченному набору физиологических и поведенческих реакций отдельных видов по отношению к отдельным факторам без какого-либо учета их возможного взаимодействия.
2. Неправомерно экстраполировать нормативы, полученные на биологических видах (например, фитопланктонах, зоопланктонах, рыбах и т.д.), на человека, который может иметь совершенно иную чувствительность к загрязнителям, нежели указанные организмы. Другими словами, существующие подходы к оценке качества среды не различают «природоцентрическую» и «антропо-

центрическую» составляющие экологического контроля.

3. ПДК устанавливаются на фоне поддержания постоянства условий эксперимента благодаря фиксированным уровням всех (кроме исследуемого) факторов.
4. ПДК применяют как единые нормативы для огромных административных территорий без учета степени адаптации отдельных популяций к окружающей среде в своем регионе обитания. ПДК не учитывают специфику функционирования экосистем в различных природно-климатических зонах (широтная и вертикальная зональность, биогеохимические провинции с естественными геохимическими аномалиями и различным уровнем содержания природных соединений), а значит, и их токсикорезистентность.
5. В хозяйственной деятельности человека интенсивно растет количество различных химических соединений, как синтезированных, так и выделенных из природных объектов; ежедневно в общий массив попадает множество новых соединений. Но общее количество нормативов, например для водной среды санитарно-бытового назначения — 1356, рыбохозяйственной — 1071, не соответствует числу потенциально опасных для человека химических веществ, встречающихся в биосфере.
6. Кроме химических веществ негативное влияние на биологические организмы, и человека в частности, оказывают многие другие факторы, например тепловое, радиационное, электромагнитное, шумовое или биологическое загрязнение.
7. Установленные при лабораторном биотестировании значения ПДК определенного вещества могут измениться при химическом взаимодействии с другими химическими компонентами и физическими факторами. Кроме того, в результате химических реакций в окружающей среде происходит образование новых соединений, которые могут быть токсичнее или, наоборот, безвреднее исходных ингредиентов.
8. Существующие методы определения ПДК предусматривают расчет лишь максимально допустимых нагрузок на испытываемые популяции. Но к неблагоприятию биоты могут приводить и слишком низкие значения некоторых факторов.
9. Превышение нормативов ПДК указывает на недопустимый уровень нагрузок, но ничего не говорит о вкладе тех или иных факторов в степень экологического неблагоприятия и о необходимой очередности мероприятий по улучшению экологической обстановки.
10. Использование в экологическом контроле ПДК оставляет открытым вопрос о достаточности про-

грамм наблюдений за потенциально опасными факторами среды — все ли такие факторы учтены в системе мониторинга.

11. Универсальные нормативы ПДК одинаковы для природных объектов различного целевого назначения (например, заповедные объекты, зоны рекреации, техногенные или урбанизированные территории, зоны свалок и т.д.).
12. Если в лабораторных опытах уровень ПДК представляет собой следствие неблагоприятия в состоянии тестовой популяции, то при применении ПДК к природным объектам происходит подмена понятий, и границей между благополучным и неблагоприятным состояниями экосистем становятся полученные в лабораторных условиях величины ПДК.

Решение указанных проблем должно опираться, по мнению авторов, на следующие положения.

1. Оценку состояния природных экосистем следует проводить не по уровням факторов среды, а по характеристикам биологических компонентов (биологическим индикаторам).
2. Эту оценку следует проводить *in situ*, а не *in vitro*.
3. При установлении нормативов в лаборатории понятие экологической нормы возникает как конвенционально принятый порог тест-параметра подопытных организмов. Такой нормой может быть, например, объявленный экспертами уровень смертности в лабораторной популяции. Для природных экосистем желателен отказ от экспертного (субъективного) установления «красной черты» для биологических индикаторов. Другой подход — отклонением от экологической нормы признают статистически значимое превышение величин тест-параметра в опыте с дозами испытуемых веществ при сравнении с контрольным экспериментом. И такой подход в отношении к природным объектам нереалистичен, поскольку у исследователей нет в распоряжении другого — контрольного — эксперимента, кроме пассивного эксперимента, который человек «проводит» над природой (и самим собой) в местах проживания и хозяйственной деятельности. Другими словами, необходимо ввести научно обоснованное определение (и метод установления) для понятия «экологическая норма природного объекта».
4. Необходимы научные, технологические и управленческие критерии для отбора биологических индикаторов состояния природных объектов, адекватных целям экологического контроля. Ориентируясь на «антропоцентрическую», а не «природоцентрическую» составляющую системы экологического контроля, в качестве биологического индикатора состояния антропоной экосистемы сле-

- дует выбирать характеристики популяции человека — показатели заболеваемости и демографии.
5. Нормативы факторов среды следует устанавливать как уровни, не нарушающие норму экологического состояния для биологических индикаторов. Нормативы, полученные не в лаборатории, а по данным регионального или локального мониторинга, будут иметь в различные периоды функционирования экосистем региональный или локальный (как в пространстве, так и во времени) характер. Такие нормативы будут учитывать: не изолированные вредные воздействия, а реально сложившиеся в природе их полные комплексы; многочисленные косвенные эффекты воздействия, совокупное влияние которых может быть более сильным, нежели прямое; отдаленные последствия воздействия на биоту.
 6. Метод установления нормативов должен позволять рассчитывать их не только для загрязняющих веществ, но и для факторов нехимической природы; должен ограничивать не только высокие, но и низкие (если они существуют) допустимые значения факторов среды; нормативы должны быть дифференцированы для природных объектов различного целевого назначения и для различных требований к качеству среды.
 7. Если данные мониторинга отсутствуют, то применение лабораторных нормативов ПДК оправдано. Нормативы ПДК играют упреждающую роль: испытание вновь появляющихся веществ в лаборатории возможно задолго до накопления необходимых данных в природе. Приведем несколько цифр, которые разъясняют место «натурных» нормативов в системе контроля, основанной на нормативах ПДК. В биосфере циркулирует около $5 \cdot 10^7$ веществ, тем или иным образом воздействующих на биоту. Нормативы ПДК установлены примерно для 1000 веществ. В программах физико-химического мониторинга в России предусмотрено измерение около 100 характеристик. Соответственно, анализ натуральных данных может предложить уточнение в пределах сотни нормативов ПДК (вместе с новыми нормативами для факторов нехимической или химической природы, для которых нормативы отсутствуют). Однако именно эти 100 характеристик существенны для экологического благополучия в регионах, в силу чего они и были включены в программы местного мониторинга. Малое по сравнению с количеством установленных ПДК число возможных «натурных» нормативов связано не с ограничениями подхода, а с ограниченностью программ мониторинга. Востребованность новых нормативов может служить стимулом расширения этих программ.

8. Анализ натуральных данных должен не только выявлять факторы среды, приводящие к экологическому неблагополучию биологических индикаторов, но и позволять ранжировать такие факторы по вкладу в степень неблагополучия, и оценивать достаточность программ наблюдения за ними.
9. Внедрение новой методологии оценки качества среды должно сопровождаться рядом правовых и управленческих решений: следует законодательно прописать возможность нормирования качества с учетом состояния и особенностей конкретных территорий и акваторий (ныне в законах фигурируют только лабораторные нормативы ПДК); следует совершенствовать системы сбора данных — экологический мониторинг и медицинскую статистику — в направлении повышения охвата и достоверности предоставляемых данных; следует обеспечить доступ к таким данным для научных и прикладных целей.

3. Методические проблемы анализа экологических данных

Идея, реализующая биотическую концепцию перехода от лабораторных ПДК к «натурным» нормативам, казалось бы, лежит на поверхности: нужно проанализировать зависимость «доза-эффект» для факторов среды и биоиндикаторов. Однако реализация этой идеи сталкивается с принципиальными и, как следствие, с методическими трудностями. В контролируемых условиях лабораторных экспериментов «хорошо организованные» зависимости между биологическими и физико-химическими характеристиками имеют вид однозначных функций, поддающихся корреляционному, регрессионному и другим видам статистического анализа (рис. 1).

В природных экосистемах на биологические характеристики одновременно действует множество факторов среды, среди которых только часть представлена в натуральных измерениях. Биологическая

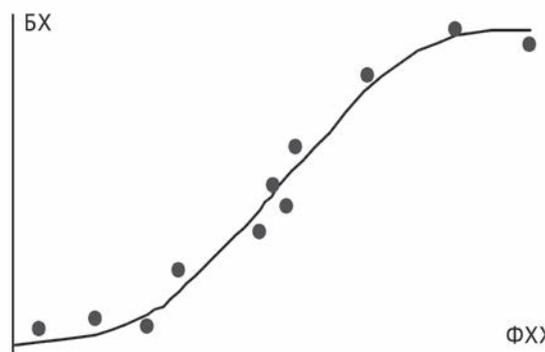


Рис. 1. Зависимость между биологическими (БХ) и физико-химическими (ФХХ) характеристиками в лабораторных опытах

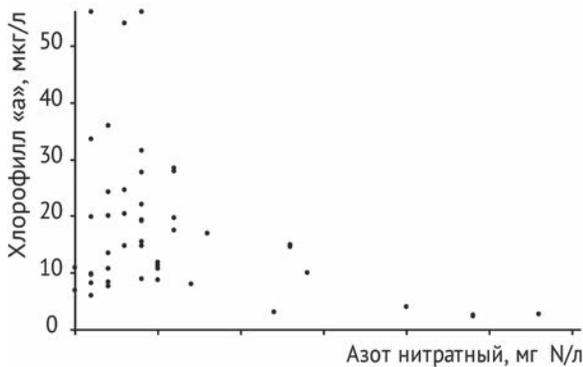


Рис. 2. Пример типичной зависимости между значениями биологической и физико-химической характеристик

характеристика становится функцией многих физико-химических переменных. Зависимость между переменными в этом случае имеет вид «плохо организованного», «размытого» облака точек (рис. 2).

Но даже если регрессионный анализ позволяет получить высокий множественный коэффициент корреляции, то остается нерешенной исходная задача о поиске «тесноты» связи между биологической переменной и каждым из факторов, поскольку частные коэффициенты корреляции остаются незначимыми. Следует добавить, что применение множественного регрессионного анализа очень часто осложнено недостаточным количеством данных, причем недостаточность определяется фактором с самым малым числом наблюдений, сколь бы много их ни было для других переменных.

Применение многих статистических процедур предполагает, что исходные данные обладают какими-либо априорными статистическими свойствами, например гауссово, пуассоновское или другое распределение. Однако для реальных экологических данных эти предположения выполняются очень редко.

Для анализа натуральных данных необходим метод поиска зависимости между переменными, позволяющий выявлять связи, скрытые при рассмотрении парных зависимостей между характеристиками. Один из методов анализа «плохо организованных» данных — переход от количественных переменных к их качественным классам. Такими классами могут быть «низкие», «средние» и «высокие» значения; «благополучные» и «неблагополучные»; «допустимые» и «недопустимые» значения и т.п. После выделения качественных классов возможен поиск корреляции и других видов связи уже между качественными классами различных переменных.

Применение анализа качественных переменных, в свою очередь, сталкивается, по крайней мере, с двумя трудностями. Во-первых, возникает проблема выбо-

ра объективного критерия для выделения качественных классов: какие значения считать «высокими» и «низкими», «допустимыми» и «недопустимыми». Обычно границы между качественными классами вводят в большой степени субъективно: например, диапазон измерения характеристики делят на равные интервалы (в линейной или логарифмической шкале) или экспертным образом назначают «высокие» и «низкие» или другие значения. Субъективность выбора границ ставит под сомнение обоснованность всех последующих процедур установления связей. Вторая трудность вызвана упомянутым выше неустранимым влиянием на биологические характеристики всех факторов среды и состоит в том, что наблюдаемое значение биологической характеристики может быть вызвано не исследуемым фактором, а какими-либо другими действующими одновременно с ним.

4. Insitu-технология контроля качества среды.

Метод установления локальных экологических норм

В Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова разработана Insitu-технология контроля качества окружающей среды [6,7]. Технология основана на анализе данных совместных наблюдений за характеристиками биоты и среды ее обитания в природных и антропогенных экосистемах.

Среди участвующих в анализе характеристик среды могут фигурировать не только химические вещества, но и любые измеряемые характеристики климата, водного режима, шумовых воздействий, электромагнитных, радиационных излучений и т.п. Для антропогенных экосистем среди влияющих на показатели здоровья и демографии характеристик среды обитания, кроме физико-химических факторов, могут быть социальные, экономические факторы, качество продуктов питания, питьевой воды и т.д. Например, на качество городской среды могут влиять *экологические факторы* (концентрации загрязняющих химических веществ в воздухе и почвах, общее количество и количество уловленных и утилизированных выбросов в атмосферу, общее количество, количество загрязненных и неочищенных загрязненных сточных вод, количество твердых и жидких бытовых отходов, доля переработанных твердых отходов, количество опасных медицинских и биологических отходов, близость полигонов захоронения отходов, число жителей в санитарно-защитных зонах, площадь зеленых насаждений, шумовое загрязнение, количество автотранспорта, тип моторного топлива на АЗС города, доля электрического общественного транспорта, площадь особо охраняемых природных территорий); *климатические факторы* (средняя тем-

пература января, средняя температура июля, разность между среднеянварской и среднеиюльской температурами, количество солнечных дней в году, количество дождливых дней в году); *социальные факторы* (среднедушевая зарплата населения, количество жилой площади на душу населения, уровень экологического образования и просвещения; бюджет города на душу населения, количество культурных и спортивно-оздоровительных учреждений на душу населения и т.п.).

Первый необходимый и решающий для успеха экологического контроля этап технологии — выбор биоиндикатора: среди биологических характеристик мониторинга эколог-исследователь назначает ту, по значениям которой готов судить о степени благополучия-неблагополучия экосистемы (образно говоря, речь идет о выборе «градусника» для экосистемы). Выбор определен частными целями экологического контроля (сохранение биосферы, редких видов, экологическая безопасность населения и т.д.) и может опираться на научные, экономические, инструментальные, прецедентные и другие предпосылки. Приведем примеры биоиндикаторных показателей: численность или биомасса выделенных популяций организмов или их сообществ; показатели биологического разнообразия; относительные доли индикаторных организмов; индексы встречаемости индикаторных организмов в средах с различным уровнем загрязнения; показатели патологии органов у индикаторных организмов; показатели флуктуирующей асимметрии организмов; размерная структура популяций и сообществ; люминесценция и флуоресценция организмов; сердечный ритм индикаторных организмов; структура электрических сигналов, испускаемых организмами; смертность и рождаемость в популяции; общая заболеваемость и заболеваемость отдельными категориями болезней у возрастных групп и популяции в целом.

Различные значения индикаторной характеристики будут соответствовать различным уровням благополучия-неблагополучия или, другими словами, принадлежать различным классам качества окружающей среды по биологическим показателям.

Исключительно важная черта Insitu-технологии состоит в том, что назначая биоиндикатор, специалист априорно не указывает границы между классами качества. Значения таких границ — их удобно называть границами экологической нормы для индикаторов (ГНИ) — представляют один из главных результатов совместного анализа биологических и физико-химических данных.

Второй главный результат применения Insitu-технологии — границы нормы для факторов окружа-

ющей среды (ГНФ), разделяющие классы с различной степенью допустимости и недопустимости значений фактора. Допустимость и недопустимость значений трактуется в том смысле, что они приводят соответственно к благополучным и неблагополучным значениям биологического индикатора. ГНФ играют роль границ классов качества окружающей среды по физико-химическим показателям.

Отметим важное усовершенствование системы экологического контроля: полученные с помощью Insitu-технологии классы качества по биологическим и физико-химическим показателям не зависят друг от друга и полностью согласованы.

Величины ГНФ и ГНИ предлагается применять в качестве нормативов качества окружающей среды соответственно для физико-химических и биологических показателей. В простейшем случае двух классов качества (благополучные и неблагополучные значения биоиндикатора и соответствующие им допустимые и недопустимые значения фактора) величины ГНФ играют роль, полностью аналогичную роли нормативов ПДК и могут быть использованы при расчете любых нормативных показателей (допустимых воздействий, сбросов и выбросов, лимитов и т.п.).

Величины ГНИ и ГНФ в Insitu-технологии рассчитывают методом локальных экологических норм (методом ЛЭН) [7]. Метод основан на компьютерном анализе [8] диаграмм взаимного распределения биологических и физико-химических характеристик (рис. 3), а именно на поиске таких ГНФ и ГНИ, чтобы допустимые значения фактора сопутствовали благополучным значениям индикатора, а недопустимые значения фактора — неблагополучным значениям индикатора. В простейшем случае (двух классов качества и недопустимости высоких значений фактора) положение границ проиллюстрировано на рис. 3.

На рис. 3а отражен идеальный случай, когда на индикатор действует единственный фактор окружающей среды. Реалистичная зависимость между индикатором и фактором проиллюстрирована на рис. 3б, где в области «с» допустимые значения фактора могут сопутствовать неблагополучным значениям индикатора. Эти значения обусловлены влиянием на индикатор не исследуемого фактора X , а других факторов, воздействующих на индикатор одновременно с X . Множественное влияние факторов составляет принципиальное отличие природных экосистем от лабораторных объектов, на которых проводят токсикологические эксперименты по определению нормативов ПДК.

Однако если биологическая характеристика Y действительно является индикатором состояния экосистемы, то область «b» на диаграмме (рис. 3) должна быть

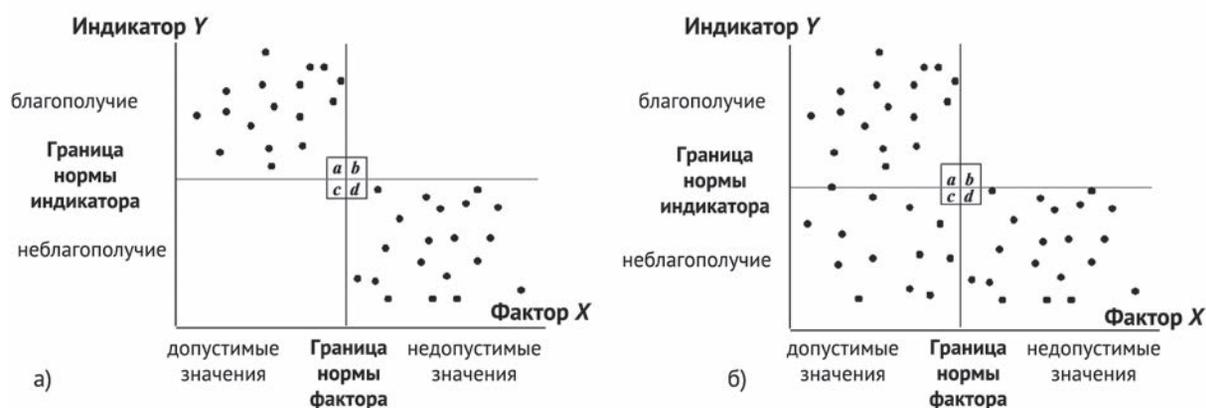


Рис. 3. Классы значений индикатора и фактора в идеальном случае, когда на индикатор влияет только один фактор (а), и в реальном наблюдении, когда на индикатор воздействует множество факторов (б)

пустой, т.е. недопустимые значения фактора X не должны приводить к благополучным значениям индикатора независимо от действия на него других факторов.

Алгоритм метода ЛЭН состоит в переборе различных границ ГНИ и ГНФ на диаграммах зависимости индикатора от фактора и выбора таких границ, при которых выполнены следующие условия.

1. Область « b » оказывается с достаточной точностью пустой. Это условие необходимо, чтобы связь между переменными характеризовала их как индикатор и фактор.
2. Сила связи между качественными классами биологической и физико-химической переменными максимальная. Это условие определяет положение границ между качественными классами переменных, заменяя субъективный выбор границ. Силу связи следует рассчитывать с помощью коэффициентов связи между качественными классами в таблицах сопряженности. Метод ЛЭН использует коэффициент существенности из детерминационного анализа [9]. Этот коэффициент пропорционален «степени пустоты» области « b », но учитывает вклад в эту степень собственного распределения переменных.
3. Общее число наблюдений и количества наблюдений в областях « a » и « d » должны быть достаточно представительными для достоверности анализа.
4. Параметры точности и представительности таковы, что с заданной доверительной вероятностью исключают на диаграмме случайные конфигурации наблюдений с пустой областью « b ».

Метод ЛЭН позволяет получать границы нормы факторов (нормативы качества) в случаях, когда недопустимы: слишком высокие значения фактора (например, для содержания ксенобиотиков), слишком низкие его значения (например, для содержания рас-

творенного кислорода в водоемах) или слишком высокие и слишком низкие его значения одновременно (например, содержание биогенных элементов в почве и воде). Также метод позволяет вести поиск границ нормы индикаторов, когда неблагополучны слишком высокие его значения (например, смертность организмов), слишком низкие (например, рождаемость в популяции) и высокие и низкие значения одновременно (например, о неблагополучии биологического сообщества может говорить как слишком высокое, так и слишком низкое его видовое разнообразие).

Алгоритм метода позволяет рассчитать границы нормы для произвольно задаваемого исследователем числа классов качества экосистемы. Границы между различными классами могут играть роль нормативов качества для объектов различного целевого назначения и для различных категорий использования окружающей среды.

Применение Insitu-технологии обеспечивает следующие результаты.

1. Оценку качества окружающей среды для отдельных регионов, их участков и пунктов на количественной шкале «благополучие — неблагополучие».
2. Перечень неблагоприятных факторов окружающей среды любой природы, приводящих к экологическому неблагополучию. Этот перечень может быть составлен для каждого участка или пункта наблюдений.
3. Ранжирование неблагоприятных факторов по их вкладу в степень неблагополучия.
4. Границы нормы для каждого из неблагоприятных факторов. Выход за пределы норм приводит к экологическому неблагополучию. Эти границы могут быть приняты за нормативы качества окружающей среды для факторов.

5. Количественную меру полноты программ наблюдения за потенциально опасными факторами окружающей среды. Низкая полнота означает, что некоторые факторы, вызывающие экологическое неблагополучие, не включены в программу наблюдений.
6. Прогноз экологического состояния экосистемы по сценариям проектируемых воздействий.
7. Предложения по управлению качеством экосистемы: выбор наиболее опасных факторов с указанием величины снижения нагрузки, необходимой для достижения экологического благополучия.

В приложении к антропоным экосистемам (в случае использования в качестве биоиндикаторов данных медицинской статистики по заболеваемости населения) результаты могут быть дифференцированы по классам различных заболеваний. Так, Международный классификатор болезней содержит 21 класс и по возрастным группам населения — детям, подросткам и трудоспособному населению.

Подчеркнем, что принятое понятие экологической нормы связано только с предысторией природного объекта. Метод не вносит в анализ данных мониторинга никакие модельные предпосылки или гипотезы. Метод не требует, чтобы распределения исходных данных удовлетворяли каким-либо статистическим критериям. Метод состоит исключительно в подсчете встречаемости благополучных и неблагополучных, допустимых и недопустимых значений экологических характеристик в предыстории, т.е. метод работает только с первичными данными мониторинга. Метод не использует никакие априорные представления о благополучии и допустимости: установление соответствующих границ — главный результат работы метода.

Метод не позволяет рассчитать границы нормы, если в предыстории не было влияния, приводящего к экологическому неблагополучию (или наоборот — не было благополучных состояний). Метод работает только при наличии достаточного набора данных как биологического, так и физико-химического мониторинга (достаточность понимается как необходимость исключить случайные и недостоверные конфигурации данных согласно заданным параметрам поиска).

Еще одна экологическая проблема, в решении которой может помочь метод ЛЭН, — оценка фоновых концентраций веществ. Универсальные лабораторные нормативы ПДК бессмысленно применять в геохимических провинциях с различными фоновыми концентрациями веществ. В экологических расчетах в качестве норматива обычно выбирают максимальное значение из двух — ПДК и фонового значения. Для оценки фоновых значений нужны участки без антропогенных воздействий и достаточно длинные

временные ряды измерения концентрации вещества. Проблема состоит в том, что отсутствуют или сами данные наблюдений для имеющихся участков. Замена лабораторных ПДК натурными нормативами — границами нормы факторов — снимает проблему расчета фоновых концентраций, поскольку ГНФ найдены заведомо с учетом фоновых концентраций и адаптации к ним биоты в тех природных объектах, данные о которых использует метод.

Метод ЛЭН апробирован на данных государственного мониторинга пресных вод [6, 10–12], на данных наблюдений за экосистемой Рыбинского водохранилища и Верхней Волги [13].

5. Показатели демографии и заболеваемости в регионах России и стандарты экологических факторов

Приведем пример применения Insitu-технологии для нормирования качества урбанизированной среды обитания [14]. В качестве исходных данных для анализа использованы массивы данных Росстата (<http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/>) за 2008 г. (табл. 1).

Для городов России анализ проводили по общему массиву данных (168 наблюдений), а также по двум выборкам: для крупных городов (свыше 200 тыс. жителей) — 91 наблюдение, малых городов (менее 200 тыс. жителей) — 77 наблюдений и городов центральной части и северо-запада России — 92 наблюдения. Для субъектов Федерации исследовали общий массив данных (82 наблюдения), массив данных по субъектам численностью более 1 млн жителей — 52 наблюдения, массив данных по субъектам Европейской части России — 55 наблюдений. Данные для субъектов численностью менее 1 млн жителей и для субъектов азиатской части не использовали для анализа, так как столь малое число наблюдений (не более 30) в соответствующих выборках снижает достоверность получаемых с помощью применяемого метода результатов.

Степень «пустоты» области «b» относительно областей «a» и «d» на рис. 3 характеризуют критерии

точности: точность индикатора $T_{\text{инд}} = \frac{n_a}{n_a + n_b}$ и точ-

ность фактора $T_{\text{факт}} = \frac{n_d}{n_d + n_b}$, где n_a , n_b и n_d — число

наблюдений в соответствующих областях на рис. 3. Точность изменяется от 0 до 1, и чем больше точность, тем более «пустая» область «b». Алгоритм метода ЛЭН состоит в выборе таких границ, для которых $T > T_{\text{мин}}$. Заданная в исследовании величина параметра поиска $T_{\text{мин}}$ равнялась 0,75.

Список переменных для оценки состояния человеческой популяции Российской Федерации

Города	Субъекты Федерации
Индикаторы (в пересчете на 1 тыс. населения)	
Общая рождаемость, человек	Общая рождаемость, человек
Общая смертность, человек	Общая смертность, человек
	Число умерших детей до 1 года, человек
	Общая заболеваемость, человек
Факторы загрязнения окружающей среды (в пересчете на 100 тыс. населения)	
Общее количество выбросов в атмосферу, тыс. т	Общее количество выбросов в атмосферу, тыс. т
Количество уловленных выбросов в атмосферу, тыс. т	Количество уловленных выбросов в атмосферу, тыс. т
Количество утилизированных выбросов в атмосферу, тыс. т	Количество загрязненных сточных вод, млн м ³
Общее количество сточных вод, млн м ³	
Количество загрязненных сточных вод, млн м ³	
Количество неочищенных загрязненных сточных вод, млн м ³	
Количество твердых бытовых отходов, тыс. м ³	
Количество жидких бытовых отходов, тыс. м ³	
Социальный фактор	
Среднедушевая зарплата населения, руб.	
Климатические факторы	
	Средняя температура января, °С
	Средняя температура июля, °С
	Разница между среднеянварской и среднеиюльской температурами, °С

В табл. 2 представлены ГНИ и ГНФ для всех значимых связей (отвечающих установленным критериям точности и представительности) между индикаторами и факторами для массива данных по всем городам России и трем субмассивам.

Т — точность, МиМ — минимум и максимум значений фактора, С — смертность, Р — рождаемость, СВ — количество сточных вод, ЗСВ — количество загрязненных сточных вод, ВЗ — количество выброшенных в атмосферу загрязнений, УВЗ — количество уловленных загрязнений, МТБ — количество твердого бытового мусора.

Обращает на себя внимание практически полное отсутствие среди значимых факторов уловленных и утилизированных загрязнений. Очевидно, меро-

приятий по нейтрализации попавших в атмосферу промышленных выбросов недостаточно для влияния на изменение демографических показателей. Другой результат анализа заключается в том, что в малых городах наибольшую роль в ухудшении здоровья популяций играют показатели загрязнения воздушной среды, в то время как в остальных массивах более значимы сточные воды и твердый бытовой мусор. В целом можно констатировать довольно небольшое количество факторов загрязнения окружающей среды, влияющих на благополучие городской среды. Аналогичная картина свойственна и для субъектов Российской Федерации (табл. 3), где наибольшее количество значимых факторов относится к климатическим, в то время как среди факторов загрязнения лишь выбросы в атмосферу вносят вклад в общее экологическое неблагополучие.

Среди климатических факторов к значимым относятся: температура января (верхняя граница для рождаемости (исключение — субъекты Европейской части) и нижняя граница для смертности и заболеваемости), температура июля (двусторонние границы для детской смертности, нижняя граница для рождаемости и заболеваемости), разница температур (нижняя граница для рождаемости и заболеваемости, верхняя граница для детской смертности).

Т — точность, МиМ — минимум и максимум значения фактора, Р — рождаемость, С — смертность, СД — смертность детей, З — общая заболеваемость, ВЗ — количество выброшенных в атмосферу загрязнений, ЗСВ — количество загрязненных сточных вод, ТЯ — средняя температура января, ТИ —

Таблица 2

Границы нормы индикаторов (ГНИ) и границы нормы факторов (ГНФ) для городов России

Индикатор — фактор	ГНИ	ГНФ	Т	МиМ
Все города				
С — ЗСВ	12,7	34,1	0,83	0 — 98
С — СВ	12,0	37,1	0,85	0 — 119
Крупные города				
Р — МТБ	12,2	286	1	51 — 449
Малые города				
Р — ВЗ	12,3	8,5	0,81	0,1 — 104
Города центральной части и северо-запада России				
С — УВЗ	12,9	1,2	0,75	0 — 551
С — ЗСВ	12,9	27,8	0,78	0,2 — 81
С — МТБ	13,3	235	0,81	71 — 437

Таблица 3

Границы нормы индикаторов (ГНИ) и границы нормы факторов (ГНФ) для субъектов Российской Федерации

Индикатор – фактор	ГНИ	ГНФ	T	МиМ
Все субъекты				
P – PT	12,7	н 27,0	1	17,2 – 49,5
P – TЯ	12,7	в -7,7	0,85	-33,8 – 1
CD – TI	7,7	н 17,0; в 20,8	0,79	8,3 – 25,9
CD – TЯ	7,7	н -15,0	0,93	-33,8 – 1
CD – BЗ	7,6	10,8	0,79	0 – 85
CD – PT	7,7	в 34,9	0,92	17,2 – 49,5
З – TI	738	н 18,2	0,89	8,3 – 25,9
З – ЗCB	662	12,8	0,9	0 – 42
З – BЗ	699	13,5	0,95	0 – 85
Крупные субъекты				
P – TЯ	12,2	в -9,4	0,9	-28,2 – -2,5
P – PT	12,2	н 27,7	1	19,9 – 46,9
P – TI	12,2	н 18,8	1	12,1 – 25,9
CD – TI	7,5	н 17,7; в 20,9	0,8	14,8 – 24
CD – BЗ	7,5	10,3	0,84	0,7 – 85
CD – TЯ	7,7	н -15,0	0,89	-28,2 – -2,5
CD – PT	7,7	в 34,8	0,89	19,9 – 46,9
З – BЗ	700	13,6	0,92	0,7 – 85
Субъекты Европейской части России				
P – PT	12,0	н 26,1	1	17,2 – 39,2
P – TЯ	11,8	в -7,2	0,79	-16 – 1
C – TЯ	14,1	в -6,4	0,92	-16 – 1
CD – TI	7,0	н 17,7 – в 23,1	0,89	12,1 – 25,9
З – TI	723	н 19,2	0,85	12,1 – 25,9
З – TЯ	695	н -9,9	1	-16 – 1
З – PT	726	н 26,1	0,84	17,2 – 39,2

ЛИТЕРАТУРА

1. Девисилов В.А. Российский приоритет — человеческий капитал // Безопасность в техносфере. — 2008. — №2. — С. 3–11.
2. Yablokov A., Demin A. Aspects of demography, health and environment in Russia // Paper presented at General Assembly of Globe international. — Moscow, 1994. — 142 pp.
3. Борисов Б.М. К вопросу об оценке состояния здоровья населения в условиях антропогенного загрязнения окружающей среды // Экология промышленного производства. — 1999. — № 1. — С. 3–6.
4. Эльпинер Л.И. Качество природных вод и состояние здоровья населения в бассейне Волги // Водные ресурсы. — 1999. — Т. 26. — № 1. — С. 60–70.
5. Розенберг Г.С. Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. — Тольятти: Кассандра, 2009.
6. Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга. — М.: НИА-Природа, 2004.

средняя температура июля, PT — разница между среднеянварской и среднеиюльской температурами, н — нижний уровень фактора, в — верхний уровень фактора.

Таким образом, использованный в работе метод локальных экологических норм позволил: 1) выявить среди факторов загрязнения, климатических и социальных факторов оказывающие наибольшее воздействие на демографию и заболеваемость населения России; 2) установить границы нормы для этих факторов; 3) установить границы нормы для показателей демографии и заболеваемости, которые могут служить индикаторами состояния урбанизированной окружающей среды.

Необходимо подчеркнуть, что проделанная работа носит методический характер. Авторы пытались выяснить, насколько метод ЛЭН, апробированный ранее на данных экологического мониторинга пресноводных экосистем, применим для оценки состояния человеческих популяций и определения границ допустимого воздействия на них загрязнителей урбанизированной среды. При этом полученные результаты носят предварительный характер. Для их уточнения и достижения воспроизводимости необходим анализ данных за существенно более продолжительный период, нежели один год.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 11-04-00915а, 12-07-00580-а и тема «Расчеты экологически допустимых уровней воздействия химических ингредиентов артезианских вод на показатели заболеваемости 17 классов болезней в возрастных когортах населения Тамбовской равнины»).

7. Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н., Рисник Д.В. «In situ» — технология установления локальных экологических норм // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. — С. 32–57.
8. Гончаров И.А., Левич А.П., Рисник Д.В. Программа установления границ качественных классов для количественных характеристик систем и установления взаимосвязи между характеристиками (Программа установления ГКК) // Свидетельство о регистрации прав на программное обеспечение № 2012616523. Роспатент, 2012.
9. Чесноков С.В. Детерминационный анализ социально-экономических данных. — М.: Наука, 1982.
10. Левич А.П., Забурдаева Е.А., Максимов В.Н. и др. Поиск целевых показателей качества для биоиндикаторов экологического состояния и факторов окружающей среды (на примере водных объектов бассейна Дона) // Водные ресурсы. — 2009. — Т. 36. — № 6. — С. 730–742.

11. Максимов В.Н., Соловьев А.В., Левич А.П. и др. Методика экологического нормирования воздействий на водоемы, не нормируемых методами биотестирования (на примере водных объектов бассейна Дона) // Водные ресурсы. — 2009. — Т. 36. — № 2. — С. 335–340.
12. Булгаков Н.Г., Рисник Д.В., Левич А.П., Милько Е.С. Анализ экологического состояния вод для отдельных створов Нижней Волги на основе биоиндикации по показателям видового разнообразия фитопланктона // Вода: химия и экология. — 2010. — № 12. — С. 27–34.
13. Рисник Д.В., Левич А.П., Булгаков Н.Г. О границах классов качества волжских вод по показателям разнообразия, размеров клеток и флуоресценции фитопланктона // Бассейн Волги в XXI веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ: Сб. мат-лов докладов участников Всероссийской конференции. Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, 22–26 октября 2012 г. — Ижевск: Издатель Пермьяков С.А., 2012. — С. 243–246.
14. Булгаков Н.Г., Будилова Е.В., Левич А.П., Гончаров И.А. Использование методов анализа массивов многомерных данных для исследования зависимостей показателей рождаемости и смертности населения РФ от экологических и социальных факторов // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. — СПб.: Институт озероведения РАН, 2012. — С. 25–31.

Demography and Morbidity in Russian Regions as Indicators of Territories' Ecological Trouble

N.G. Bulgakov, Leading Research Associate, Doctor of Biological Sciences, Biological faculty of Moscow State University named after M.V. Lomonosov

A.P. Levich, Leading Research Associate, Doctor of Biological Sciences, Biological faculty of Moscow State University named after M.V. Lomonosov

A.L. Barabash, Graduate Student, Biological faculty of Moscow State University named after M.V. Lomonosov

A.K. Yuzbekov, Leading Research Associate, Doctor of Biological Sciences, Biological faculty of Moscow State University named after M.V. Lomonosov

Problems of environment quality assessment and methodical questions of ecological data analysis are considered in this article. The assessment and analysis of use of Insitu-technology of environment quality control are given. The establishment method of local environmental standards is considered. Recommendations on Insitu-technology application are offered according to results of work. Demography and morbidity indicators in Russian regions and standards of ecological factors are considered.

Keywords: demography, human health, maximum permissible concentration, environmental quality, Insitu technology, local environmental standards.

Города, в которых зафиксирован самый высокий уровень загрязнения атмосферы

Минприроды России подготовило доклад о самых загрязненных городах России по итогам 2011 г. Наблюдения проводились в 252 городах России. По итогам 2011 года в пятерку городов с очень высоким уровнем загрязнения воздуха вошли Архангельск, Ачинск, Белоярский, Братск и Владикавказ. Среди крупных городов в данный список попали Москва, Красноярск, Иркутск, Чита, Новокузнецк, Магнитогорск, Нижний Тагил, Уфа, Норильск и Южно-Сахалинск.

В 2011 году в представленный перечень вошли Заринск, Иваново, Новочебоксарск, Радужный и Ясная Поляна.

Исключены из списка загрязненных городов: Азов, Барнаул, Благовещенск, Волгоград, Екатеринбург, Курган, Набережные Челны, Нижнекамск, Ростов-на-Дону, Ставрополь, Стерлитамак, Тверь, Уссурийск и Черногорск.

«Всего приоритетный список включает 27 городов с очень высоким уровнем загрязнения воздуха с общим числом жителей в них 16,3 миллиона человек (2010 год — 36 городов, 2009 год — 34)», — сказано в сообщении. По данным министерства, всего в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения воздуха проживают 55,1 миллиона человек (53% городского населения России).

Согласно докладу, среднегодовая температура воздуха в 2011 г. превысила норму 1961–1990 годов на 1,55 °С. Регионами наиболее интенсивного потепления признаны Европейская часть России и Восточная Сибирь. Ученые традиционно связывают потепление воздуха с выбросами парниковых газов. По оценкам Рослесхоза, чистое поглощение углекислого газа (CO₂) лесами России ежегодно составляет более 1880 млн тонн.

В докладе представлены данные Росприроднадзора, согласно которым в 2011 г. объем произведенных в России отходов составил 4,3 млрд тонн, что на 16,2% превышает аналогичный показатель 2010 г. Ведомство выяснило, что больше всего отходов пришлось на добычу полезных ископаемых — 88,7%.

Что касается показателя по объему сточных вод, то он в 2011 г. вырос на 0,4% в годовом выражении. Причиной увеличения данного показателя стала неспособность предприятий обеспечить требуемую степень очистки сточных вод.

Источник: сайт Минприроды России