

УДК 614; 574; 502.3

РОЛЬ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА (ОЦЕНКА ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА И СРЕДЫ: ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ)

© 2018 г. В. М. Захаров¹, Б. А. Ревич², И. Е. Трофимов^{1,*}

¹Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН
119334, г. Москва, ул. Вавилова, д. 26

²Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН
117418, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 47

*E-mail: ecopolicy@ecopolicy.ru

Поступила в редакцию 22.06.2017 г.

При всей важности характеристики роли экологических факторов в обеспечении здоровья человека, получение таких оценок на практике сопряжено со значительными трудностями. Определенная информация о благоприятности среды для здоровья живых существ может быть получена при использовании методологии здоровья среды, связанной с оценкой состояния природных популяций разных видов животных и растений по гомеостазу развития. Опыт параллельных исследований здоровья человека и среды свидетельствует о перспективности использования таких оценок для ориентировочной характеристики благоприятности определенного воздействия или качества среды для здоровья человека, а также для интерпретации результатов, полученных в области экологической эпидемиологии.

Ключевые слова: гомеостаз развития, здоровье среды, экологическая эпидемиология, экологический риск

DOI: 10.7868/S0475145018010020

ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Оценка влияния экологических факторов на здоровье человека — одна из актуальных задач для обеспечения необходимого качества жизни (определяющим фактором для этого является здоровье) на фоне все нарастающего негативного влияния окружающей среды, вследствие разных видов глобального и локального антропогенного воздействия, изменения климата.

В то же время интегральная характеристика здоровья, оценка степени его возможного отклонения от условно нормального состояния и вычленение той доли этого изменения, которая связана с факторами окружающей среды, сопряжены со значительными трудностями. Это связано с социально-психологическими ограничениями как на стадии проведения необходимых анализов, так и на стадии интерпретации получаемых данных.

Популяционное здоровье зависит от множества различных неблагоприятных факторов (среди которых курение, избыточное употребление алкоголя, наркотики, малая физическая подвижность, недостаток витаминов и другие). Эксперты ВОЗ и Всемирного Банка, анализируя причины

высокой смертности в России, определили вклад факторов окружающей среды в 1–2%, что значительно ниже, чем от социальных факторов (Ревич, 2006).

Все это определяет необходимость поиска все новых операциональных подходов для получения таких оценок.

Определенная информация о благоприятности среды для здоровья живых существ может быть получена при использовании методологии здоровья среды, связанной с оценкой состояния природных популяций разных видов животных и растений по гомеостазу развития (Захаров и др., 20006).

Рассмотрение возможностей использования таких оценок здоровья среды для характеристики благоприятности среды для здоровья человека и является задачей настоящей работы.

ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ

Среди разных подходов к оценке качества окружающей среды, наиболее близкой к получению характеристики благоприятности условий для

здоровья человека, оказывается концепция и методология здоровья среды (Захаров, 2000; Захаров и др., 2000а, б). Суть этого подхода в оценке качества среды по состоянию природных популяций разных видов живых существ. Он может быть использован как в отношении отдельных видов, так и для характеристики состояния, здоровья экосистемы, путем интегрирования результатов оценки состояния разных видов ее составляющих. Особенностью подхода является то, что для оценки здоровья экосистем и видов используются не экосистемные или популяционные параметры, а показатели состояния организма для разных видов.

Главная мишень такой оценки — гомеостаз развития, как базовая характеристика, обеспечивающая нормальное состояние организма. Это и является основанием для того, чтобы говорить об оценках состояния здоровья. Изменение гомеостаза является первой реакцией организма на стрессирующее воздействие самой разной природы. Поэтому такая система оценки выступает как система раннего предупреждения для выявления начальных изменений состояния организма.

Нарушение гомеостаза развития выражается в изменении различных параметров функционирования живых существ. Используемая система включает спектр методов для разносторонней характеристики гомеостаза. Их скоррелированный ответ и является свидетельством изменения состояния организма. Сходство ответов, выявляемых для разных видов, обеспечивает надежную оценку изменения здоровья экосистемы.

Оценка базируется на анализе разных видов растений и животных, но получаемые выводы приложимы для характеристики благоприятности среды для человека.

Предлагаемая система включает ряд подходов, нацеленных на разностороннюю характеристику гомеостаза развития. Среди таких подходов оценки морфогенетического и цитогенетического гомеостаза, иммунного статуса, биохимические (оценка окислительного стресса) и физиологические (оценка энергетического обмена и процессов роста, анализ фотосинтеза) тесты.

Общий итог проведенных оценок, как в рамках теоретических исследований, так и практических проектов, нацеленных на оценку качества среды, — изменение состояния живых организмов оказывается неспецифическим ответом на неблагоприятные воздействия самой разной природы. Это позволило охарактеризовать подход, связанный с оценкой здоровья среды по состоянию гомеостаза развития разных видов живых существ в качестве операционального подхода для оценки и мониторинга качества среды (Захаров, Трофимов, 2011).

ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

На основании данных, полученных при обосновании подходов к оценке здоровья среды, как в лабораторных экспериментах, так при исследовании в природных популяциях, общая схема возможных изменений состояния живого организма, оцениваемого по гомеостазу развития, может быть представлена следующим образом (рис. 1). Высокий уровень гомеостаза развития соответствует благополучному состоянию организма. Это достигается на базе необходимой генетической коадаптации при оптимальных условиях развития. При отклонении от этих условий в силу разных причин наблюдается неспецифический ответ в виде ухудшения состояния организма, которое связано со снижением уровня гомеостаза развития. Дальнейшее усиление неблагоприятного воздействия уже может сопровождаться снижением жизнеспособности. Таким образом, на начальных этапах отклонение состояния организма от условной нормы может быть обнаружено лишь по показателям гомеостаза развития. Этим и определяется чувствительность предлагаемого подхода оценки здоровья среды по гомеостазу развития. По сути, эта схема отражает возможные изменения здоровья.

Все это и определяет возможность приложения оценок, получаемых при использовании методологии здоровья среды, для ориентировочной оценки благоприятности оцениваемого воздействия или качества среды для здоровья человека. Это касается как общей методологии, связанной с оценкой состояния живого организма по гомеостазу развития, так и конкретных используемых при этом подходов. Рекомендуемые при этом цитогенетические, биохимические и иммунологические тесты обычно используются в медицине и скорее требуют адаптации применительно к разным видам живых существ. Существуют успешные практики использования тестов здоровья среды для оценки здоровья человека (Shapiro, 1992; Fraser, 1994; Pechenkina et al., 2000; Mishra et al., 2004; Шадриана, Третьякова, 2006).

Преимущество подходов при оценке здоровья среды — в возможности получения более однозначных оценок опасности воздействия для состояния живого организма, вследствие отсутствия социально-психологических барьеров и ограничений, как при получении данных по различным подходам, так и при интерпретации результатов. Это дает возможность интегральной оценки реальной ситуации, которая имеет место при всем комплексе самых разных воздействий, как антропогенной, так и естественной природы, в отношении состояния живых организмов, которые находятся в данных условиях в течение всего жизненного цикла.

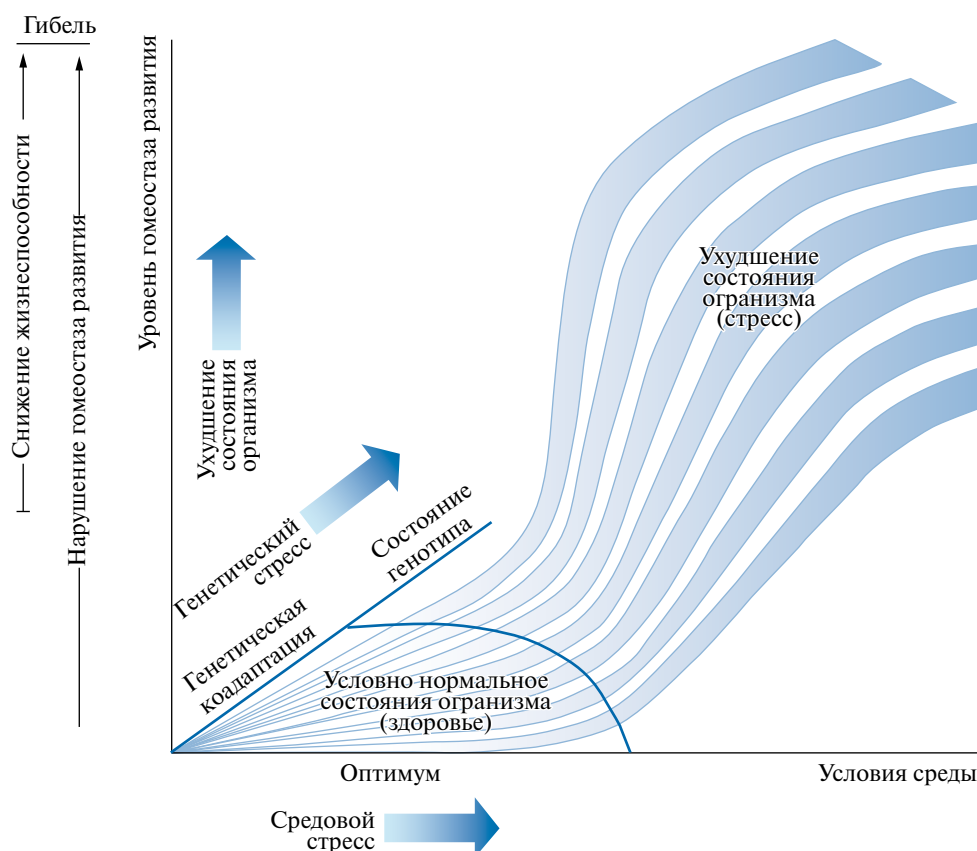


Рис. 1. Условная схема возможных изменений состояния организма, оцениваемого по уровню гомеостаза развития.

Оценка качества среды для характеристики ее опасности для здоровья человека может быть представлена по следующим основным направлениям. Прежде всего, это проведение физико-химических анализов для оценки степени воздействия. При затруднительности проведения таких оценок в отношении всех возможных воздействий, этот подход скорее может служить для выявления причинно-следственных связей при обнаружении изменений в состоянии здоровья. Далее, это оценка возможных изменений биоразнообразия. Затруднение в интерпретации получаемых при этом оценок состоит в том, что такие изменения вовсе не обязательство свидетельствуют об опасности воздействия для здоровья человека, а неизменность ситуации вовсе не означает сохранения благоприятных условий среды для здоровья. В качестве третьего подхода такой оценки, наиболее адекватного для поставленной цели, выступает оценка здоровья среды, которая представляет собой модель для оценки безопасности среды для здоровья живых существ.

При использовании собственно медицинских подходов получают данные по реальной (как в случае экологической эпидемиологии) или ожидаемой при оцениваемом воздействии (как при

оценке экологического риска) изменений состояния здоровья человека. Неоднозначность оценок определяется социальными, психологическими и другими факторами, которые существенно ограничивают возможности таких оценок для установления причинно-следственных связей. В большинстве случаев в ответ на различные экологические и социально-психологические стрессы наблюдается неспецифический ответ в виде ухудшения состояния, снижения иммунного статуса и нарушения общего гомеостаза организма. Вследствие этого при самых разных видах воздействия может наблюдаться не столько появление каких-то специфических заболеваний, а повышение общей заболеваемости. Выявление специфических изменений состояния здоровья населения возможно лишь при проведении достаточно сложных аналитических эколого-эпидемиологических работ (Ревич, 2001).

В случае проведения оценок по экологической эпидемиологии получение данных о влиянии экологических факторов на здоровье предполагает специальные детальные исследования, поскольку обычно предоставляемые данные по медицинской статистике не соответствуют необходимым для такого анализа требованиям. Кроме того, даже при

выполнении этих требований, установление причинно-следственной связи определенного воздействия с параметрами заболеваемости населения обычно затруднительно. Даже немногочисленные аналитические эколого-эпидемиологические работы, выполненные на должном методическом уровне, не учитывают вклад воздействия различной ситуации в месте проживания и работы, перемещений в течение жизни, возможных психологических стрессов. В связи с этим даже в тех случаях, когда происходит взыскание компенсации за нанесенный ущерб, это обычно касается лишь морального вреда. Кроме того, проведение таких оценок благоприятности среды для здоровья человека затруднительно в мало населенных или ненаселенных районах.

При характеристике экологического риска определенного воздействия на здоровье человека, получаемые модели также нуждаются в оценке реальной ситуации при всем комплексе различных воздействий на исследуемой территории. Отсутствие надежной информации о степени воздействия различных факторов также накладывает определенные ограничения.

Оценки, получаемые при использовании методологии здоровья среды как раз и нацелены на характеристику благоприятности или неблагоприятности среды для живого организма по состоянию живых существ, находящихся при всем комплексе различных воздействий на исследуемой территории. Именно поэтому оценки здоровья среды могут быть использованы для характеристики опасности воздействия для живого организма, включая человека.

ПРИМЕРЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА И СРЕДЫ

Число таких специальных исследований невелико. Один из наиболее иллюстративных примеров — проведение такой параллельной оценки на средней Волге, в районе города Чапаевска. Многолетняя деятельность химического предприятия привела к загрязнению окружающей среды этого города диоксинами, полихлорированными бифенилами и другими супертоксикантами.

В результате проведенных оценок в 90-ые годы город получил статус зоны экологического неблагополучия. Оценка экологической опасности для человека показала существенное снижение здоровья, серьезное повышение заболеваемости и оценок риска по целому ряду показателей. Содержание диоксинов и других хлорорганических веществ в крови детей, грудном молоке матерей было значительно выше, чем на других территориях (Ревич и др., 2006). Исследование с использованием метода “case-control” доказало, что

длительное проживание в наиболее загрязненном районе является риском развития рака молочной железы (Ревич и др., 2005). Клиническое обследование супружеских пар, страдающих бесплодием, подтвердило такие нарушения эндокринного статуса, как недостаточность лютеиновой фазы и эндометриоз у женщин; идиопатические формы бесплодия со сниженными показателями спермы у мужчин (Засыпкин, 1995). Последующие исследования в г. Чапаевске с 1998 г. по настоящее время, проведенные в рамках лонгитудинального анализа по оценке влияния диоксинов на здоровье мальчиков совместно с Гарвардской Школой общественного здоровья (Бостон, США), выявили зависимости между содержанием в крови диоксинов и задержанием полового и физического развития детей и молодых мужчин (Mingues-Alarcon et al., 2017, Lam et al., 2015), генетические изменения (Humblet et al., 2016).

Оценки здоровья среды показали существенное изменение состояния живых существ, как по наземным, так и по водным экосистемам (4–5 балл пятибалльной шкалы отклонений состояния организма от условной нормы, критическое состояние). Данные, полученные в отношении мутагенного и тератогенного эффекта, снижения иммунного статуса, позволяют говорить о реальной угрозе экологической ситуации и для здоровья человека (рис. 2). Эти заключения были использованы для интерпретации данных, полученных в отношении человека, в качестве свидетельства роли экологических факторов в ухудшении здоровья населения даже в условиях крайне острых социально-экономических проблем в исследуемом районе.

На территории города Москвы была обнаружена параллель в изменении показателей заболеваемости и оценок экологического риска для здоровья человека с изменениями оценок здоровья среды (по разным видам при использовании разных подходов) при сравнении районов с более благополучной (в районе Ленинского проспекта) и напряженной экологической ситуацией (Капотня) (рис. 3) (Захаров и др., 2001). В наиболее загрязненных районах Москвы частота случаев бронхиальной астмы среди детей в 1,6 раза выше, чем на юго-западе города (Ермаков и др., 2013).

В качестве еще одного примера можно указать сходство оценок здоровья среды с оценками экологического риска для здоровья человека, полученными для разных районов города Воронежа. Изменение здоровья среды (снижение стабильности развития у растений) и показателей здоровья человека (нарастание канцерогенного риска от загрязнения атмосферы мелкодисперсными частицами) наблюдалось при сравнении районов в градиенте нарастания степени антропогенного



Рис. 2. Величина показателей гомеостаза развития у мелких млекопитающих в разных районах города Чапаевска (Самарская область). Стабильность развития оценивалась по величине интегрального показателя: средняя частота асимметричного проявления на признак по десяти краниологическим признакам. Цитогенетический гомеостаз оценивался по частоте aberrантных клеток. Иммунный статус оценивался по величине интегрального индекса отклонений от условной нормы по ряду показателей состояния иммунной системы.

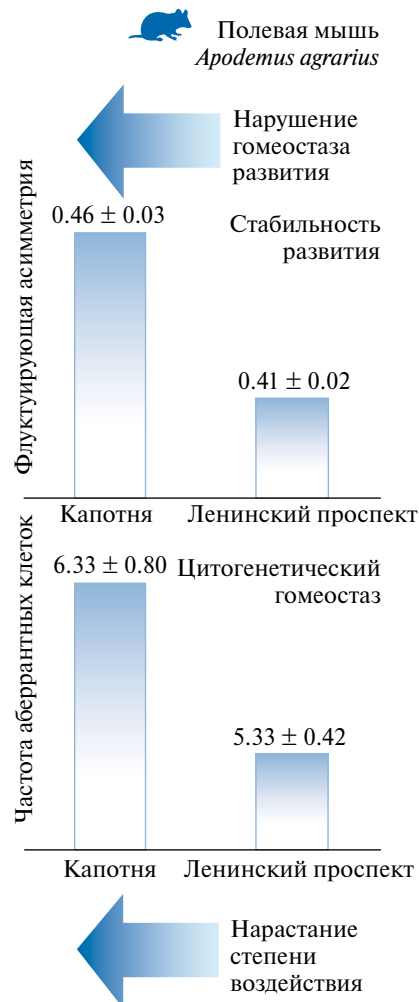


Рис. 3. Величина показателей гомеостаза развития у мелких млекопитающих в разных районах города Москвы. Стабильность развития оценивалась по величине интегрального показателя: средняя частота асимметричного проявления на признак по десяти краниологическим признакам. Цитогенетический гомеостаз оценивался по частоте aberrантных клеток.

воздействия (рис. 4) (Авалиани и др., 2001). Сходные изменения здоровья среды (по оценкам стабильности развития растений) и заболеваемости человека были отмечены при сравнении разных районов в городе Калуге (Стрельцов, 2003). Все эти факты естественно не означают сходства причинно-следственных связей выявленных эффектов, но демонстрируют, что напряжение экологической ситуации сказывается на здоровье человека и среды.

Все это дает основание для использования показателей здоровья среды для ориентировочной оценки благоприятности оцениваемого воздействия для человека в тех случаях, когда проведение

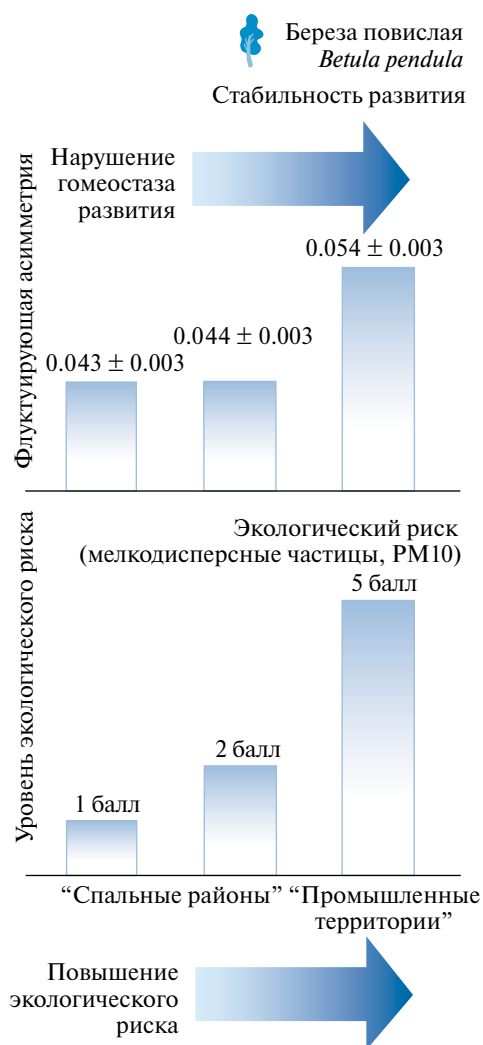


Рис. 4. Оценка показателей стабильности развития у растений и экологического риска для здоровья человека в разных районах города Воронежа. Стабильность развития оценивалась по величине интегрального показателя: среднее относительное различие между сторонами на признак по пяти промерам листа.

других оценок не представляется возможным. В качестве примера можно привести оценку опасности среды для здоровья человека в районе аварийного химического загрязнения (Захаров и др., 2000б). Использование подходов экологической эпидемиологии оказалось затруднительным в этом малонаселенном районе. Ограничены были и возможности для проведения оценок экологического риска, вследствие отсутствия достоверной информации обо всех видах загрязняющих веществ, попавших в окружающую среду вследствие произошедшей аварии. В этих условиях использование подходов здоровья среды оказывается единственно возможным путем для получения необходимых оценок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: ПЕРСПЕКТИВЫ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА И СРЕДЫ

Проведенный анализ и примеры параллельных исследований с использованием разных подходов, включая оценку здоровья среды, эколого-эпидемиологических показателей и экологического риска, свидетельствуют о возможности получения принципиально сходных характеристик качества среды. В силу особенностей каждого из этих подходов при этом получается взаимодополняющая информация, полезная для получения более полной картины и понимания природы наблюдаемых изменений здоровья человека и среды. При использовании собственно медицинских подходов получается интегральная информация о возможных изменениях здоровья человека на основе данных по заболеваемости. При использовании подхода здоровья среды, получается информация об опасности воздействия для живых существ, на основе общих оценок состояния организма, которая представляет интерес для характеристики возможных последствий для здоровья человека.

Таким образом, проведенный анализ позволяет говорить о перспективности использования оценок здоровья среды для ориентировочной характеристики благоприятности определенного воздействия или качества среды на исследуемой территории для здоровья человека, а также для интерпретации результатов, получаемых в области экологической эпидемиологии и оценки экологического риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авалиани С.Л., Ревич Б.А., Захаров В.М. Региональная экологическая политика. Мониторинг здоровья человека и здоровья среды. М.: ЦЭПР, 2001. 76 с.
- Ермаков Н.В., Дубров Ю.Н., Мирошниченко Е.В. и др. Медико-экологическая карта загрязнения атмосферного воздуха города Москвы на основе распределения случаев атопической бронхиальной астмы по территории жилых кварталов // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. 2013. № 4. С. 19–23.
- Засыпкин М.Ю. Современные подходы к решению проблемы бесплодия среди населения городов с развитой химической промышленностью: Автореф. дисс. канд. мед. наук. М. 1995.
- Захаров В.М. Здоровье среды: концепция. М.: Центр экологической политики России. 2000. 30 с.
- Захаров В.М., Трофимов И.Е. Оценка здоровья среды: экологическое нормирование (оценка состояния природных популяций по стабильности развития) // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов: Материалы Объединенного Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии / Под ред. Павлова Д.С., Розенберга Г.С.,

- Шатуновского М.И. М.: Тов-во научных изданий КМК. 2011. С. 102–120.
- Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России. 2000а. 68 с.
- Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Крысанов Е.Ю., Кряжева Н.Г., Пронин А.В., Чистякова Е.К. Здоровье среды: практика оценки. М.: Центр экологической политики России. 2000б. 320 с.
- Ревич Б.А. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. Введение в экологическую эпидемиологию: Учеб. пособие. — М.: МНЭПУ, 2001. 264 с.
- Ревич Б.А. К оценке факторов риска смертности населения России и реальности их снижения: Комментарии к докладу Всемирного банка “Рано умирать”. Проблемы прогнозирования. 2006. № 6. С. 114–131.
- Ревич Б.А., Сергеев О.В., Хаузер Р. Диоксины, фураны и ПХБ в крови подростков Чапаевска — первые результаты проспективного эпидемиологического исследования // Токсикологический вестник. 2006. № 6. С. 2–8.
- Ревич Б.А., Ушакова Т.И., Сергеев О.В., Зейлерт В.Ю. Рак молочной железы в г. Чапаевске с высоким уровнем загрязнения окружающей среды диоксинами Гигиена и санитария, 2005, 1, С. 18–21
- Стрельцов А.Б. Региональная система биологического мониторинга. Калуга: Изд. Калужского ЦНТИ, 2003.— 158 с.
- Шадрина Е.Г., Третьякова А.М. Применение дерматоглифических показателей при изучении внутрипопуляционных группировок (на примере населения Якутии) // Особь и популяция — стратегии жизни / IX Всерос. Популяц. семинар. Ч. 1. — Уфа, 2006. С. 528–533.
- Экологическая эпидемиология: Учебник для высш. учеб. заведений / Б.А. Ревич, С.Л. Авалиани, Г.И. Тихонова; Под ред. Б.А. Ревича. — М.: Изд. центр “Академия”, 2004. 384 с.
- Fraser F.C. Developmental instability and fluctuating asymmetry in man / *Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implication*. Ed. T.A. Markow. Kluwer Academic Publishers. 1994. P. 319–334.
- Humblet O., Korrick S., Paige., Revich B et al. Genetic modification of the association between Peripubertal dioxin exposure and pubertal onset in a cohort of Russian boys. *Environmental Health Perspective*. 2016. 124. 1. doi: 10.1289/EHP 1408104
- Lam T., Williams P.L., Lee M.M., Korrick S.A., Birnbaum L.S., Burns J.S., Sergeyev O., Revich B., Altshul L.M., Patterson D.G., Hauser R. Prepubertal Serum Concentrations of Organochlorine Pesticides and Age at Sexual Maturity in Russian Boys // *Environ Health Perspect*. 2015. № 123. P. 1216–1221.
- Mingues-Alarcon L., Sergeev O., Revich B. et al. A longitudinal study of peripubertal serum organochlorine concentration and semen parameters in young men: The Russian childrens study // *Environ Health Perspect*. 2017. № 125. 3. doi: org/10.1289/EHP25
- Mishra A.M., Chaubey R., Gautam R. Dermatoglyphic studies and its application in disease diagnosis with special reference to the breast cancer // *Man In India*. 2004. V. 84. P. 109–112.
- Pechenkina E.A., Benfer R.A., Vershoubskaya G.G., Kozlov A.I. Genetic and environmental influence on the asymmetry of dermatoglyphic traits // *Amer. J. Phys. Anthropol*. 2000. V. 111. P. 531–543.
- Shapiro B.L. Development of human autosomal aneuploid phenotypes (with an emphasis on Down syndrome) // *Acta Zool. Fennica*. 1992. № 191. P. 97–105.

Role of Assessment of the Health of the Environment for Characterizing the Impact of Environmental Factors on Human Health (Assessment of Health of Humans and the Environment: Possible Approaches)

V. M. Zakharov¹, B. A. Revich², and I. E. Trofimov^{1,*}

¹Koltzov Institute of Developmental Biology, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119334 Russia

²Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences, Moscow, 117418 Russia

*e-mail: ecopolicy@ecopolicy.ru

Received June 22, 2017

The assessment of the role of environmental factors in providing human health is very important. However, the obtaining of such assessments in practice is associated with considerable difficulties. Certain information on the environmental auspiciousness for the health of living beings can be obtained by using the health of environment methodology associated with the assessment of the condition of natural populations of different species of animals and plants by the developmental homeostasis. The experience of parallel studies of the health of humans and the environment indicates the prospects of using such estimates for a approximate characterization of the auspiciousness of a certain impact or quality of the environment to human health as well as for interpreting the results obtained in environmental epidemiology.

Keywords: developmental homeostasis, health of environment, environmental epidemiology, environmental risk