

УДК 55.504: 624.131

## ОБ ИЗМЕНЕНИИ ВЛИЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ

© 2012 г. А.В. Шитов

Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск, Республика Алтай, Россия

В статье анализируется влияние геологических факторов на здоровье населения Республики Алтай. Изучение особенностей геолого-геофизического строения территории выявило существование различного набора геологических характеристик и геофизических полей (месторождения и проявления полезных ископаемых, активные разломы, аномалии геофизических полей, некоторые особенности газовой и аэрозольной характеристик воздуха, геохимические аномалии и другие факторы), оказывающих влияние на здоровье населения за несколько лет перед землетрясением.

*Ключевые слова:* геологическая среда, Чуйское землетрясение, здоровье населения, Республика Алтай.

### Введение

Исследования показывают, что в совокупности с климатом на состояние здоровья человека влияют тектоническая активность, наличие магнитных аномалий, особенности геологического строения территории [Мельников и др., 1994; Островский, 1995; Вартамян, Шахнова, 1996]. В последнее десятилетие сформировалась новая научная дисциплина – экологическая геология [Теория..., 1997], в рамках которой изучаются и описываются прямые связи в системе «литосфера (или техногенно измененная литосфера) – биота». При этом экологические функции литосферы определяются как «многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение литосферы, включая подземные воды, нефть, газы, геофизические поля и протекающие в ней геологические процессы, в жизнеобеспечении биоты и, главным образом, человеческого сообщества» [Трансформация..., 2006]. К биотропным факторам относятся геохимические и геофизические аномалии, неоднородности земной коры: разломные зоны, скопления рудных полезных ископаемых и подземных вод, изменение напряжений горных пород и т.п. К этим аномалиям в связи с их относительной редкостью живые организмы эволюционно не адаптированы.

В статье на примере территории Горного Алтая анализируется влияние комплекса геологических и геофизических факторов на здоровье населения на региональном масштабном уровне.

### Сейсмичность: общая характеристика

Горный Алтай относится к сейсмоактивным регионам. При формировании сети станций Алтайского сейсмологического полигона учитывались данные, согласно которым в Алтае-Саянском регионе возле крупных впадин наблюдается повышенная сейсмичность. Сопоставление карты эпицентров с рельефом местности и активными разломами позволяет заметить, что все сейсмоактивные зоны Алтае-Саянской области увязываются с системами впадин. Крупные впадины – важная деталь геодинамики Алтая. Сеть станций полигона полностью охватила две небольшие впадины (Курайскую и Чуйскую), представляющие «блоки», вокруг которых происходят крупные землетрясения.

На протяжении многих лет значение суммарной сейсмической энергии в этом регионе не превышало  $3 \cdot 10^{11}$  Дж. За всю историю инструментальных наблюдений зафиксировано три года с повышенной суммарной сейсмической энергией: 1985 г. –  $1 \cdot 10^{12}$ , 1996 г. –  $1.5 \cdot 10^{12}$  и 2000 г. –  $2 \cdot 10^{12}$  Дж, которые в сорокалетнем ряду инструментальных наблюдений выглядят как некоторое «предупреждение» о грядущей сейсмической активизации [Еманов А.Ф., Еманов А.А. и др., 2003].

27 сентября 2003 г. в 11 ч 33 мин 24.94 с по Гринвичу на территории Горного Алтая в долине р. Чуя в горной перемычке между Чуйской и Курайской впадинами произошло землетрясение с магнитудой по шкале Рихтера  $M = 7.3$  (координаты эпицентра –  $49.999^\circ$  с.ш.,  $87.852^\circ$  в.д.) [Геодаков и др., 2003]. Интенсивность в эпицентре достигала 9 баллов. За инструментальный период сейсмологических наблюдений это самое крупное землетрясение на территории Алтае-Саянской складчатой области. Данное событие получило название «Чуйское землетрясение» [Гольдин и др., 2004]. Активизация сейсмических процессов на территории Горного Алтая (продолжающаяся до настоящего времени) является следствием геодинамических процессов более высокого порядка (Центральной Азии) и связана с зонами глубинной трещиноватости, высокой проницаемости и напряженно-деформированного состояния вмещающей среды. Отдельные разрывы были протрассированы на протяжении более 50 км [Nissen et al., 2007]. Причины данной деформации принято связывать с коллизией Индийской и Евразийской плит. Согласно данным GPS скорость конвергенции этих плит на Алтае составляет 7 мм/год. Детальные исследования современных движений Горного Алтая с использованием GPS-технологий показали, что косейсмические движения начались в 2000 г. [Тимофеев и др., 2006].

### Сейсмичность и гидрогеологические процессы

Чуйское землетрясение и его афтершоковый режим привели к существенным изменениям состояния подземных вод Горного Алтая [Кац, 2005; Шитов и др., 2006]. Данные изменения имели сложные пространственно-временные характеристики и характеризовались увеличением минерализации, усложнением гидрохимического состава, ростом рН (до 9 и более), увеличением концентраций микроэлементов (фтор, ртуть, марганец, алюминий, литий и др.).

В октябре 2003 г. во всех наблюдаемых подземных источниках Республики Алтай было отмечено резкое увеличение сульфатов – в 4.1–19.1 раза, а также увеличение концентрации гидрокарбонат-ионов, уменьшение значения рН (произошло некоторое закисление воды), увеличение жесткости воды. Начиная с мая 2004 г. произошло скачкообразное изменение концентрации сульфат-ионов с максимумом в сентябре 2004 г.

Таким образом, при подготовке ряда сейсмических событий в Северном Алтае в феврале 2004 г. изменился химический состав подземных вод как в целом, так и локально. Так, жителями г. Горно-Алтайск и ряда прилежащих населенных пунктов отмечалось изменение химического состава и температуры воды в ряде индивидуальных колонок. Температура воды повысилась практически сразу после сейсмического толчка в феврале 2004 г.; ее значения изменялись от 37.0 (11.06.2004 г.) до 48 °С (01.10.2004 г.). В настоящее время температура воды колеблется в пределах 26–27 °С при фоновой температуре подземных вод региона 7–9 °С.

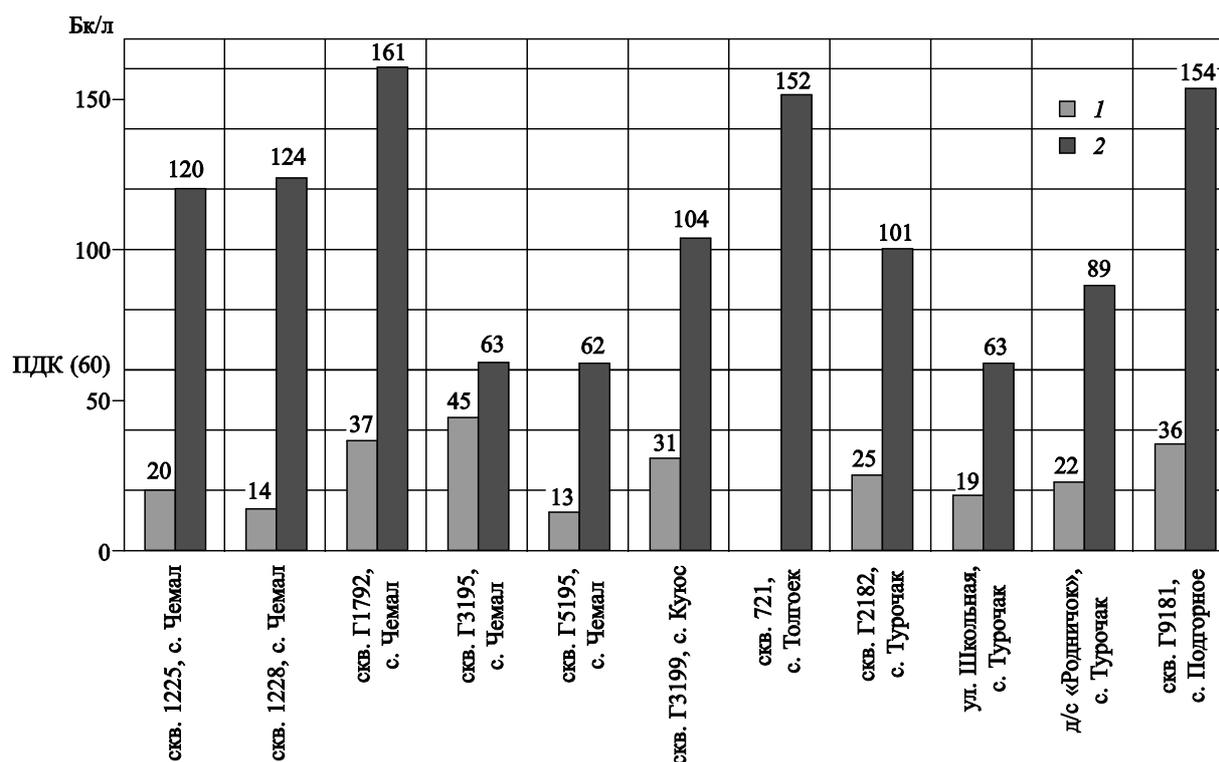
Установлено увеличение концентрации сульфатов с 8.5 (фон, усредненное значение) до максимального значения 86.4 мг/дм<sup>3</sup> (08.09.2004 г.), хлоридов – с 4.9 до 25.5 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация растворенной в воде углекислоты повысилась до 84.48 мг/дм<sup>3</sup> (25.07.2004 г.). По заключению Томского института курортологии и физиотерапии [Кац, 2005] в воде содержатся ионы кальция в концентрации 80, магния – 12, натрия с калием – 48.99 мг/дм<sup>3</sup>, присутствуют гидрокарбонат-ионы – 366, сульфат-ионы – 29.45, хлорид-ионы – 17.75 мг/дм<sup>3</sup>; минерализация воды ~0.6 г/дм<sup>3</sup>; рН – 7.75. Из биологически активных компонентов выявлена метакремневая кислота в концентрации 44.9 мг/дм<sup>3</sup>. По данным ТЦ СЭН по Республике Алтай в пробах воды содержание радона составляло 36–41 Бк/дм<sup>3</sup>. В процессе мониторинга замечено, что данные характеристики связаны с сейсмическими процессами Горного Алтая [Кац и др., 2010].

Сравнительный анализ объемной активности радона в питьевых водах на водозаборных скважинах в 2007–2008 гг. в г. Горно-Алтайск и в разных районах Республики Алтай в дни сейсмических событий и в «спокойное» время показывает, что периодам сейсмической активности соответствуют аномальные концентрации радона (от 2 до 50 раз выше по сравнению с фоновыми) (рис. 1).

По нашим данным повышенная концентрация радона в подземных водах в период малоамплитудных сейсмических событий (2.4–4.0 баллов) фиксируется за 7 дней до сейсмического толчка и до 10, реже 16, дней после. При этом установлено, что в целом фоновый уровень радона в подземных водах в северной, низкогорной части Горного Алтая выше, чем в среднегорной его части (Чемальский район).

Динамика концентраций микроэлементов в подземных водах в период сейсмической активизации Горного Алтая весьма неоднозначна и, по-видимому, связана с гидрогеологическими условиями участков водозаборов и интенсивностью сейсмических событий. Наиболее динамично (из 15 определенных нами микроэлементов) ведет себя ртуть, являющаяся гидрогеохимическим индикатором региона. Резкий аномальный всплеск концентраций ртути зафиксирован в 2002 г., т.е. перед основным толчком землетрясения, затем отмечено резкое падение его концентрации.

На наш взгляд, произошедшие сейсмические события в районе Горно-Алтайска могли изменить структурно-тектоническое положение блоков горных пород, в результате чего в колонках появились подземные воды из более глубоких горизонтов, имеющие иной химический состав и температуру [Кац и др., 2010].



**Рис. 1.** Объемная активность радона в водазборных скважинах Майминского, Турочакского и Чемальского районов Горного Алтая в 2008 г.

1 – фон; 2 – суммарный период афтершоковых событий

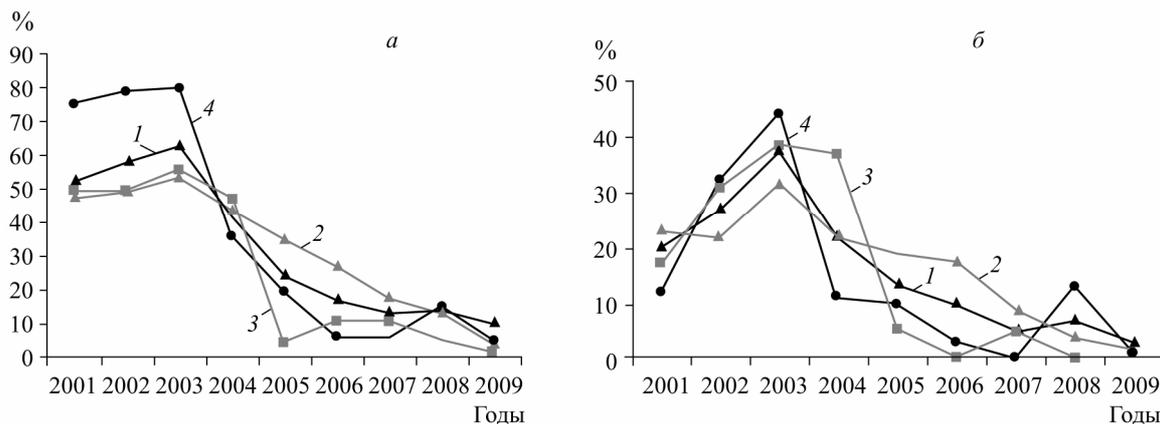
### Влияние геодинамической активизации на оползневую активность

Систематические наблюдения за оползневыми процессами на территории Горного Алтая и в том числе на восточном фланге Чаган-Узунского блока (Чуйский участок наблюдений) силами экзогенной группы Территориального центра «Алтайгеомониторинг» начались в августе 2001 г. [Достовалова, 2004]. При изучении оползневых процессов было выявлено, что их активизация в горном обрамлении западной части Чуйской впадины совпадает с активизацией сейсмической деятельности на изучаемой территории, отмечаемой с 1996 г. [Еманов и др., 2004].

Оползневые структуры в сейсмоактивной зоне, являясь наиболее чувствительными структурными элементами экзогенного рельефа, практически мгновенно среагировали на изменение глубинного состояния недр, явившись тем самым индикаторами сейсмической активизации территории: первые оползни здесь отмечены в 1998–2000 гг. (рис. 2).

Ряд исследователей отмечают пространственное совпадение участков скачкообразного изменения современных градиентов скоростей с активными в геологическом и сейсмическом отношении структурами и палеосейсмодислокациями [Рогожин, Платонова, 2002]. Оползневая активизация на Чуйском участке наблюдений пространственно совпадает с выделенным участком максимальных градиентов скоростей, что логично вписывается в сценарий сейсмической активности территории.

Активизация оползневых процессов в Горном Алтае может быть связана с общим изменением вибрационного режима территории в косейсмический период. Известно, что виброчувствительность пород – это характеристика, определяющая свойства пород



**Рис. 2.** Динамика оползневых процессов на участках исследования

*a* – активность оползней; *б* – доля движущихся оползней.

Участки исследований: 1 – участок обожжения; 2 – предгорный; 3 – Чуйский тракт; 4 – Чаган-Узун

под воздействием вибрации. При этом виброчувствительность насыщенной среды связана с особенностями и частотными характеристиками системы «геологическая порода» и степенью ее водонасыщенности, которые, в свою очередь, реагируют на существующие напряжения в массиве горных пород [Достовалова, Шитов, 2010].

### Влияние геологических факторов на здоровье населения

Оценивая состояние экогеосистем как определенного объема литосферы с находящейся в ней и на ней биотой, целесообразно количественно определить состояние абиотических и биотических компонент в пределах конкретных геологических структур [Антикаева, Шитов, 2009]. Опыт эколого-геологических, в том числе и эколого-геофизических исследований показывает, что основные трудности возникают с получением информации по биотической компоненте. В нашем распоряжении имелись данные по медицинской статистике (общая и первичная обращаемость взрослого и детского населения за медицинской помощью, нормированная на 1000 населения, форма 12 Министерства здравоохранения Республики Алтай), привязанные не к геологическим структурам, а к административным районам Республики Алтай.

Применительно к целям наших исследований были рассчитаны характеристики геологической информации (площади интрузивных массивов, аномалий естественной радиоактивности, аномалий геомагнитного поля и длина разломов) для каждого административного района республики [Шитов, 2006; Shitov, 2010] (см. таблицу).

Для выявления связи изучаемых геологических параметров (разломов, интрузивных массивов, участков рудной минерализации, аномалий электромагнитного и радиоактивного полей) с показателями заболеваемости детского населения были проанализированы геологические карты (распределения разломов, интрузивных массивов) масштаба 1:500 000, карта магнитного поля масштаба 1:500 000 и карта встречаемости природных самосветящихся образований (ПСО), данные многоцелевого геохимического картирования (МГХК-1000) и геоэкологического исследования и картографирования (ГЭИК-1000). В ГИС ArcView 3.2 посчитаны площади интрузивных массивов, аномалий магнитного поля  $\Delta T$  (более 200 нТл), аномалий естественной радиоактивности (более 20 мкР/ч), длина разломов (пог. км) на территории каждого административного района.

**Геологическая характеристика территории Республики Алтай  
по административным районам**

Административные районы	Площадь интрузивных массивов, км <sup>2</sup>	Площадь аномалий магнитного поля, км <sup>2</sup>	Рудные проявления и МПИ	Длина разломов, пог. км	Встречаемость ПСО, раз	Площадь аномалий естественной радиоактивности, км <sup>2</sup>
Майминский	64	130	0.5	805	0	331
Чойский	3541	2500	6	2453	0	2500
Турочакский	4842	1851	5	7735	2	1127
Шебалинский	230	240	2	3151	2	441
Онгудайский	1698	1800	4	8164	6	385
Улаганский	2614	3805	3	9394	1	1450
Кош-Агачский	2527	2579	8	13114	3	3037
Усть-Канский	1243	954	4	4933	3	958
Усть-Коксинский	1654	688	2	6675	8	519
Чемальский	420	670	0	2232	1	851

*Примечание.* МПИ – месторождения полезных ископаемых, ПСО – природные самосветящиеся образования.

Результаты анализа показали, что некоторые параметры среды и здоровья населения имеют довольно высокий коэффициент взаимной корреляции. Так, большим набором высоких коэффициентов взаимных корреляций геологических характеристик и здоровья населения характеризуются матрицы за 2000–2003 гг.

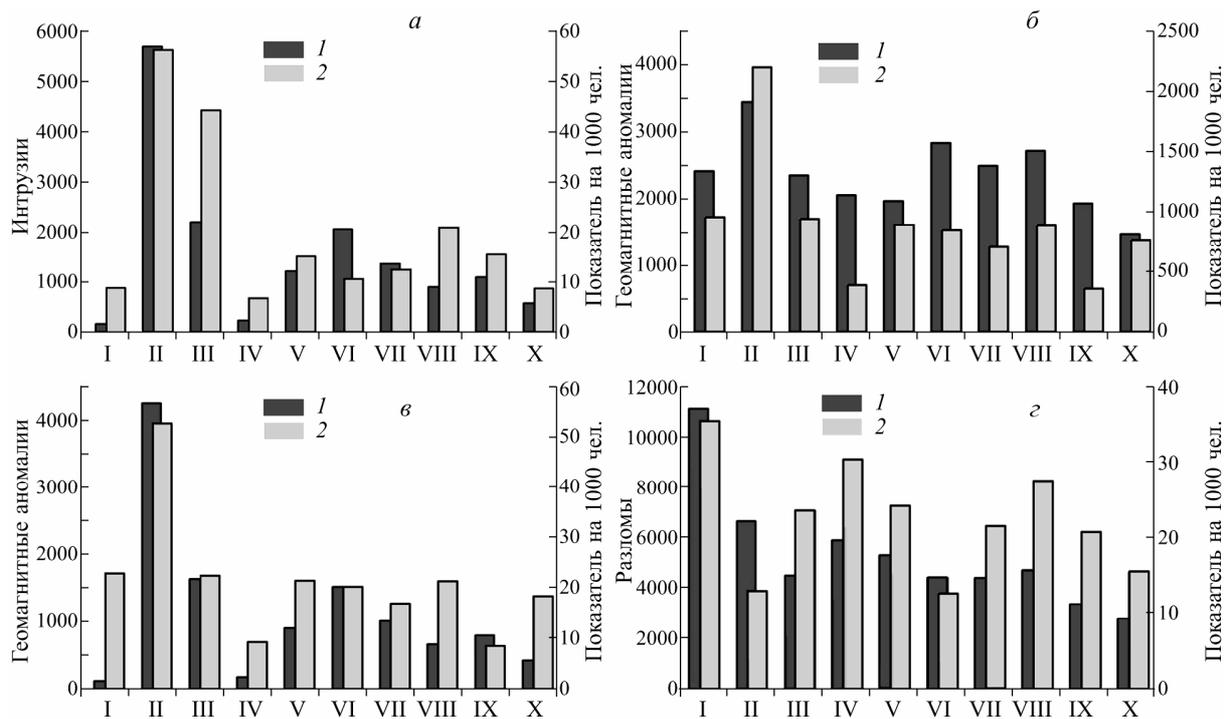
### Интрузивные массивы

Влияние на здоровье населения отмечено не для всех видов интрузивных массивов. Наибольшее влияние, по всей видимости, оказывают гранитные массивы субщелочного и щелочного состава (Юстыдский, Алахинский, Калгутинский массивы) [Туркин, Федак, 2006]. Массивы основного ряда (Усть-Канский, Онгудайский район) не оказывают такого воздействия.

Плотность распределения интрузивных массивов по территории Горного Алтая имеет корреляцию с заболеваемостью крови и кроветворных органов (рис. 3, а) (0.87), болезнями нервной (0.66,  $P < 0.05$ ) и костно-мышечной (0.63) систем. Отмечается также корреляция с общим количеством заболеваний (0.61).

Изменения относительного показателя интрузивных массивов по районам почти полностью повторяют изменения числа болезней крови и кроветворных органов. Исключение составляет район, где интрузивные массивы представлены гранитными массивами основного ряда. Кривая заболеваний нервной системы по районам также почти совпадает с показателями интрузивных массивов. Здесь исключение составляет Улаганский район.

Выявлен также сравнительно высокий коэффициент корреляции интрузивных массивов и болезней костно-мышечной системы. Существенные отклонения имеются лишь в Кош-Агачском районе, где суровые климатические условия служат дополнительным фактором повышения уровня данного вида заболеваемости.



**Рис. 3.** Соотношение характеристик геолого-геофизического строения территории и некоторых видов заболеваемости населения по административным районам Республики Алтай (2002 г.)

*а* – корреляция заболеваний крови (1) и интрузий (2); *б* – корреляция общей заболеваемости (1) и геомагнитных аномалий (2); *в* – корреляция заболеваний крови (1) и геомагнитных аномалий (2); *г* – корреляция новообразований (1) и разломов (2).

*Участки исследований:* I – Майма; II – Чоя; III – Турочак; IV – Шебалино; V – Онгудай; VI – Улаган; VII – Кош-Агач; VIII – Усть-Кан; IX – Усть-Кокса; X – Чемал

### Магнитное поле

Показатели влияния магнитного поля по территории Горного Алтая имеют корреляцию с общей заболеваемостью взрослого населения болезнями крови и кроветворных органов (0.87,  $P < 0.05$ ), заболеваниями нервной системы (0.64), органов дыхания (0.87), общим количеством заболеваний (0.74).

Изменение относительного показателя магнитного поля по районам почти полностью повторяет ход общей заболеваемости (см. рис. 3, б). Количество случаев психических расстройств по районам также почти совпадает с показателями магнитного поля, за исключением Усть-Канского района. Скорее всего, данная особенность связана с тем, что существенные аномалии магнитного поля находятся в данном районе в малонаселенных местах (на западе).

Число жителей с болезнями крови и кроветворных органов на территории Горного Алтая довольно высокое и коррелирует с уровнем магнитного поля, причем коэффициент взаимной корреляции для первичной заболеваемости взрослого населения равен 0.92. Исключение составляют Усть-Коксинский и Чойский районы (см. рис. 3, в), где показатель заболеваемости выше показателя магнитного поля. Вполне возможно, что здесь на здоровье населения дополнительно воздействуют другие факторы.

## Разломы

Относительные показатели плотности разломов по территории Горного Алтая имеют корреляцию со случаями новообразований ( $0.6, P < 0.1$ ). Неполное совпадение (см. рис. 3,  $z$ ) может быть связано с большой мощностью почвенных отложений Турочакского и Чойского районов и чехла неогеновых и четвертичных отложений в Чуйской степи (Кош-Агачский район). В пользу данного довода служит совпадение кривых в Шебалинском, Усть-Канском, Онгудайском и Чемальском районах.

## Природные самосветящиеся образования

Мало изученным пока фактором воздействия на биоту является активизация естественных геофизических полей в зонах разломов, в геологических горно-породных неоднородностях, в результате развития энергоемких импульсных ионосферных явлений, широкополосных электромагнитных и особенно низкочастотных излучений [Yasui, 1973; Воробьев, 1974; Гохберг и др., 1985]. Прямым комплексным признаком очаговой активизации естественных геофизических полей являются природные самосветящиеся образования (ПСО), широко распространенные на территории Алтая [Дмитриев, 1998; Шитов, 1999]. Их проявлениям могут способствовать как постоянно (гидростатическое давление, радиоактивные излучения, градиенты температур, давлений или концентраций, изменение химического состава), так и временно (возмущения магнитного поля, прохождение в земной толще индукционных токов, вызванных явлениями в ионосфере, возникновение разноименных электрических зарядов на поверхностях при раскалывании минералов) действующие факторы [Шитов, 1999; St.-Laurent et al., 2006].

Отмечена обратная корреляция ПСО с заболеваемостью органов дыхания ( $-0.57, P < 0.05$ ), что, по-видимому, вызвано влиянием электромагнитного излучения в районах активного проявления ПСО. Отклонения в Чойском и Турочакском районах возможно связаны с влиянием интрузивных массивов, а в Майминском районе – с разломами. Кроме того, чтобы воздействие было статистически значимо, необходимо чтобы ему подверглось довольно большое количество населения в течение долгого периода времени. Скорее всего, существует пороговый уровень значимости воздействия как во временном, так и в пространственном диапазонах. Поэтому для корректного анализа влияния явлений ПСО на здоровье людей были взяты районы, где данные процессы протекают наиболее активно. В результате получен довольно высокий коэффициент взаимной корреляции между событиями ПСО и психическими расстройствами ( $0.77, P < 0.1$ ) (высокий уровень данного вида заболеваемости отмечен в Онгудайском и Усть-Коксинском районах).

## Рудная минерализация

При анализе влияния рудной минерализации на специфику заболеваемости учитывались данные по всем районам, где данный фактор имеет сравнительно большое значение. Основной занятостью местного населения является отгонное скотоводство, поэтому есть большая вероятность появления населения в районах повышенной и аномальной рудной минерализации. По этой причине из рассмотрения не удалялись районы,

где объекты рудной минерализации расположены в малолюдных и малонаселенных местах.

Относительные показатели рудной минерализации по территории Горного Алтая имеют корреляцию с болезнями органов дыхания (0.74), новообразованиями (0.63), болезнями мочеполовой системы (0.75) и по всем группам заболеваний (0.68).

Известным индикатором влияния характеристик окружающей среды на здоровье человека являются заболевания крови [Биогенный магнетит..., 1979]. Корреляционные коэффициенты по всем рассмотренным районам составляют: для рудной минерализации – 0.63,  $P < 0.05$ ; для интрузивных массивов – 0.5; для магнитного поля – 0.48.

Как уже упоминалось, основная занятость взрослого населения Горного Алтая – отгонное животноводство, которое связано с большими пространственными перемещениями. Следовательно, на эту группу населения будет оказывать влияние большое количество геологических факторов среды. При анализе связи заболеваемости взрослого населения и геологических факторов за период 1998–2005 гг. были выявлены следующие закономерности:

- синхронный рост с 2001 г. влияния аномалий естественной радиоактивности и магнитных аномалий на число заболевших анемиями и болезнями крови, кроветворных органов, отдельными нарушениями, вовлекающими иммунный механизм, который прослеживается до 2003 г.;

- резкий рост влияния суммы геологических факторов на общее количество заболеваний;

- увеличение степени связи интрузий и болезней глаза и придаточного аппарата;

- резкое увеличение в 2003 г. связи аномалий естественной радиоактивности и заболеваемости пневмонией.

Анализ заболеваемости взрослого населения за 2000–2003 гг. в Улаганском и Кош-Агачском районах Республики Алтай показал значительный рост общей и первичной заболеваемости [Шестакова, Шестернина, 2004; Шитов, 2010]. Для изучения возможной реакции организма на воздействие землетрясения нами была проанализирована первичная заболеваемость в районах, оказавшихся в эпицентре землетрясения, как характерный показатель адаптации человека к условиям окружающей среды (рис. 4, 5).

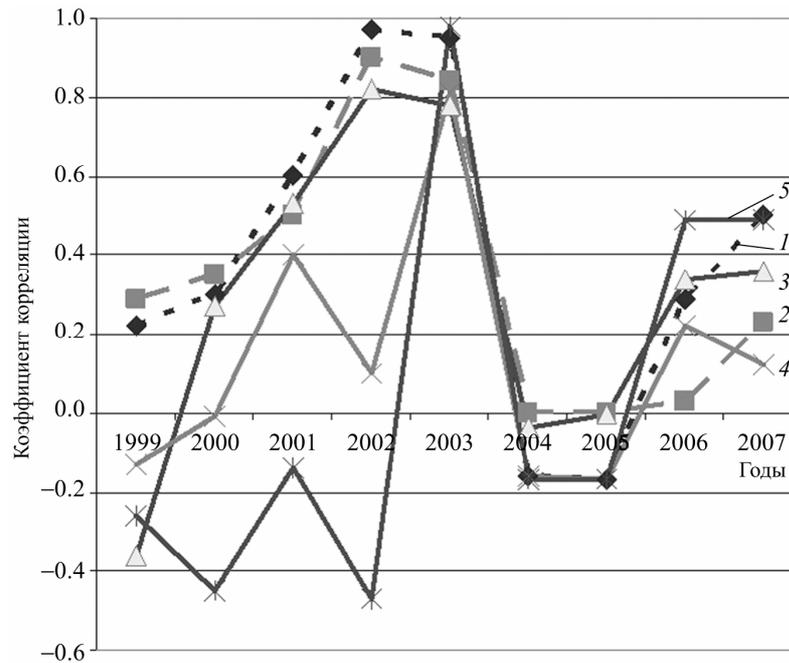
При рассмотрении первичной заболеваемости взрослого населения в Кош-Агачском районе особое внимание следует обратить на рост заболеваемости по большинству классов болезней:

- 1) болезни крови и кроветворных органов: в 2002 г. показатель на 1000 населения составил 4.1; в 2003 г. – 12.7 (рост составил 3.1 раза). Среди болезней крови и кроветворных органов ведущее место занимают анемии;

- 2) болезни эндокринной системы: в 2002 г. показатель на 1000 населения составил 1.9; в 2003 г. – 5.4 (рост составил 2.8 раза). Среди болезней эндокринной системы ведущее место занимает сахарный диабет;

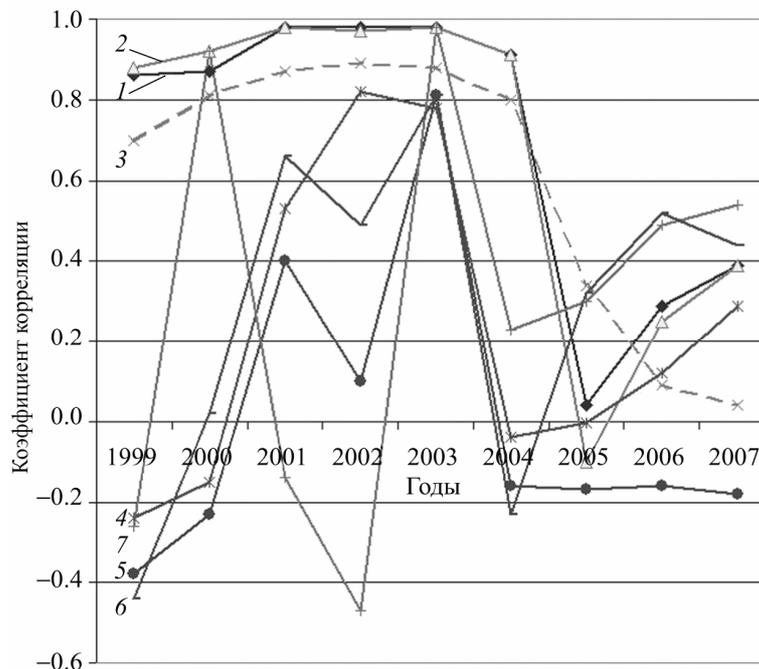
- 3) болезни системы кровообращения: в 2002 г. показатель на 1000 населения составил 23.5; в 2003 г. – 56.1 (рост составил 2.4 раза).

С целью выявления роли отдельных геологических факторов на здоровье населения сравнивались характеристики заболеваемости детского населения (общей и первичной) по годам с изучаемыми факторами среды. В связи с выявленными ранее особенностями [Протасов, 1999] важно учитывать именно при выборе медико-статистических критериев детскую заболеваемость, что связано с гиперчувствительностью детей, а также с особенностями их проживания – практически постоянно на одной территории. При



**Рис. 4.** Изменение коэффициента взаимной корреляции общей заболеваемости взрослого населения Республики Алтай и геологических факторов

1 – болезни крови и кроветворных органов – аномалии естественной радиоактивности; 2 – болезни крови – геомагнитные аномалии; 3 – все виды заболеваемости – суммарный геологический показатель; 4 – болезни глаза и его придаточного аппарата – интрузии; 5 – пневмонии – аномалии естественной радиоактивности



**Рис. 5.** Изменение коэффициента взаимной корреляции первичной заболеваемости взрослого населения Республики Алтай и геологических факторов

1 – анемия – аномалии естественной радиоактивности; 2 – болезни крови и кроветворных органов – аномалии естественной радиоактивности; 3 – болезни крови и кроветворных органов – геомагнитные аномалии; 4 – все виды заболеваемости – суммарный геологический показатель; 5 – болезни глаза и его придаточного аппарата – интрузии; 6 – пневмония – аномалии естественной радиоактивности; 7 – болезни нервной системы – геомагнитные аномалии

этом учитывались такие виды заболеваемости, которые по ранее проведенным исследованиям [Протасов, 1999] связывают с патогенным влиянием среды: распространение анемий, появление новых и необычных синдромов и болезней, вторичные иммунодефициты, болезни нервной системы, психические расстройства и др.

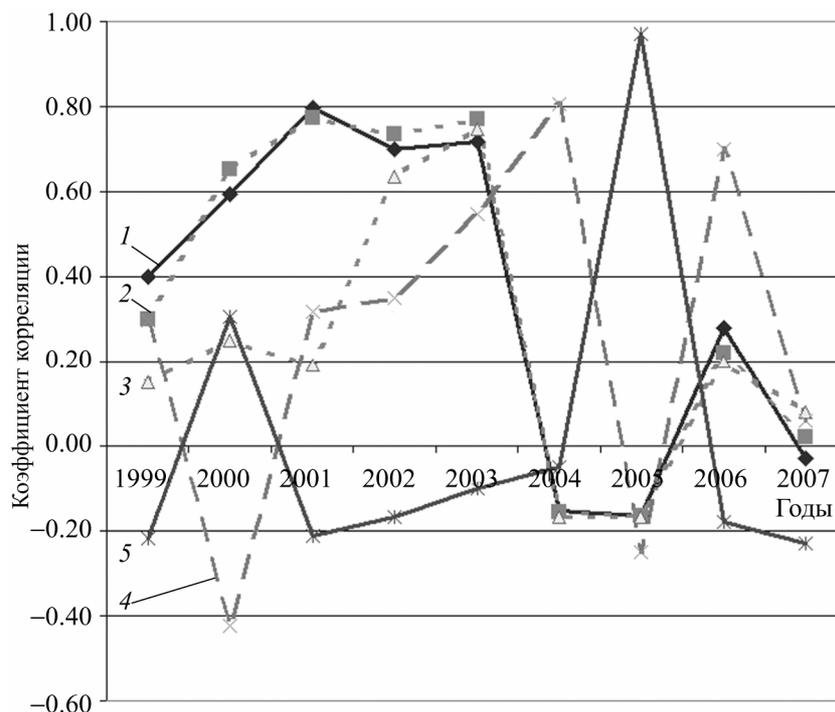
При изучении коэффициентов взаимной корреляции между геологическими характеристиками и заболеваемостью детского населения был также выявлен рост влияния факторов среды на ряд видов детской заболеваемости за период 1999–2005 гг. (рис. 6):

– синхронный рост влияния с 2001 г. аномалий естественной радиоактивности на анемии и болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм, который прослеживается до 2003 г.;

– постепенный рост влияния аномалий естественной радиоактивности с 2002 г. на болезни глаза и его придаточного аппарата.

Данные закономерности могут быть связаны с изменением экологической обстановки на территории Горного Алтая в связи с подготовкой Чуйского землетрясения и его афтершокового процесса.

С 2003 г. отмечено усиление влияния аномалий естественной радиоактивности на болезни поджелудочной железы (максимальные значения – в 2004 г.) у детей. Для болезней, характеризующихся повышенным кровяным давлением, установлено резкое повышение степени связи с аномалиями естественной радиоактивности в 2005 г. Увеличение достоверности последних двух связей с аномалиями естественной радиоактив-



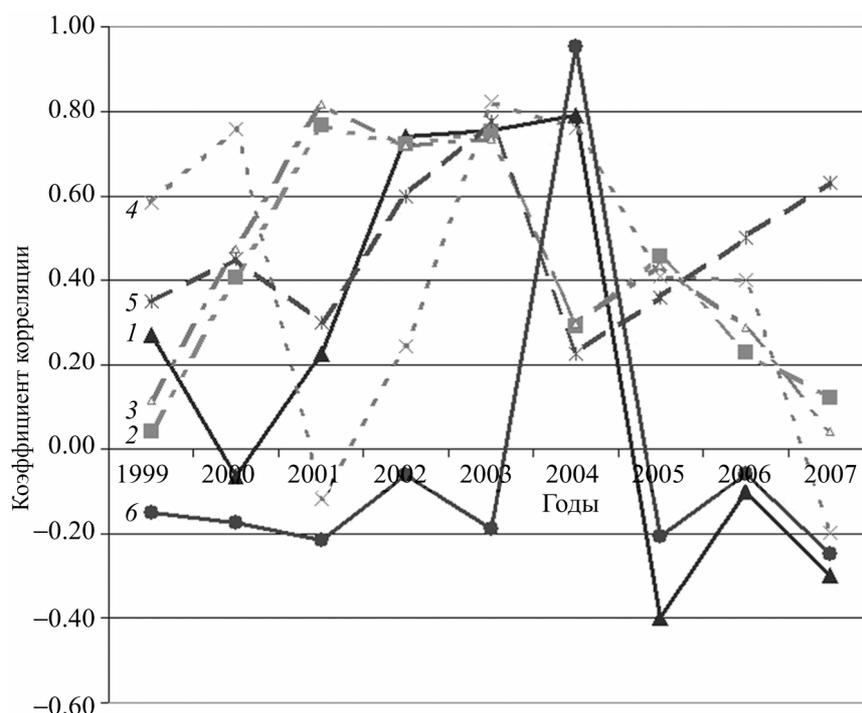
**Рис. 6.** Изменение коэффициента взаимной корреляции общей заболеваемости детского населения Республики Алтай и геологических факторов (аномалий естественной радиоактивности)

1 – анемия – аномалии естественной радиоактивности; 2 – болезни крови и кроветворных органов – аномалии естественной радиоактивности; 3 – болезни глаза и его придаточного аппарата – аномалии естественной радиоактивности; 4 – заболевания поджелудочной железы – аномалии естественной радиоактивности; 5 – заболевания, характеризующиеся повышенным давлением – аномалии естественной радиоактивности

ности, скорее всего, связаны с тем, что здоровье населения, с одной стороны, чувствительно к воздействиям, с другой – достаточно инертно по своей природе: разрыв между воздействием и результатом может быть значительным, достигая в данном случае нескольких лет.

Для первичной заболеваемости детского населения были выявлены несколько другие закономерности (рис. 7). Здесь также синхронно выделяются графики корреляции между аномалиями естественной радиоактивности и анемиями, болезнями крови, кроветворных органов и отдельными нарушениями, вовлекающими иммунный механизм. Также отмечен постепенный рост – с 2001 до 2003 г. – связей аномалий естественной радиоактивности и болезней нервной системы, психических расстройств, болезней глаза и его придаточного аппарата. Степень связи естественной радиоактивности и болезней нервной системы и психических расстройств также высока и в 2004 г., что может быть связано с афтершоковым процессом Чуйского землетрясения и сильным его влиянием на нервно-психические процессы. Резкий всплеск связи аномалий естественной радиоактивности с заболеваемостью сахарным диабетом в 2004 г., скорее всего, связан с провоцирующим воздействием неблагоприятных психических реакций от землетрясения и афтершокового процесса на нейроэндокринную систему.

Полученные данные свидетельствуют о том, что изменение геологической среды в результате подготовки Чуйского землетрясения привело к тому, что уже за 2–3 года до основного толчка начало проявляться влияние геологических факторов на здоровье населения. Кривые изменения коэффициента взаимной корреляции видов заболеваемости



**Рис. 7.** Изменение коэффициента взаимной корреляции первичной заболеваемости детского населения Республики Алтай и геологических факторов

1 – болезни нервной системы – геомагнитные аномалии; 2 – болезни крови и кроветворных органов – аномалии естественной радиоактивности; 3 – анемия – аномалии естественной радиоактивности; 4 – психические расстройства – интрузии; 5 – болезни глаза и его придаточного аппарата – аномалии естественной радиоактивности; 6 – сахарный диабет – аномалии естественной радиоактивности

и геологических факторов можно объединить в две группы: 1) с постепенным увеличением корреляционных связей, начиная с 2001 г. и 2) с резким всплеском влияния геологических факторов в 2002–2003 гг.

На наш взгляд, изменение связей аномалий естественной радиоактивности с заболеваемостью связано со следующим процессом. В период подготовки землетрясения происходит постепенное изменение динамических полей напряжений. В настоящее время в результате локальных растяжений и сжатий в регионе происходит растрескивание интрузивных массивов, что привело к усилению радиационного фона (в том числе связанного с радоновой активностью).

Резкое увеличение степени связи в 2002 г. между изучаемыми характеристиками заболеваемости детского населения и аномалиями естественной радиоактивности связано с увеличением градиента изменения динамического поля напряжений, что сказалось на ослаблении связанности структурных нарушений. При этом по линиям активных разломов произошло насыщение подземных вод газовыми и жидкостными флюидами, что изменило химический состав подземных и поверхностных вод, а также увеличило эмиссии радона из разломов. Дальнейшее ускорение процесса изменения динамического поля напряжений привело к изменению гидрогеохимических характеристик, при этом увеличилась доля соединений, находящихся в метастабильном состоянии. Чем ближе сейсмическое событие по времени, тем сильнее проявляется весь комплекс факторов изменения геологической среды.

Как показали более детальные исследования динамики заболеваемости населения Республики Алтай в 1996–2003 гг., заболеваемость многими болезнями среди детей сильно возросла в 2002–2003 гг. [Здоровье..., 2004]. Наиболее ярко этот процесс проявился в Кош-Агачском районе, в котором в 2002 г. для 11 нозологий заболеваемость среди детей превысила 150%-ный порог относительно среднего уровня, а для 7 нозологий – 200%-ный. Для ряда нозологий (болезни системы пищеварения, костно-мышечной системы, кожи и подкожной клетчатки) был отмечен всплеск заболеваемости и среди взрослых. Видимо, это было связано с подготовкой сейсмического очага и самим землетрясением в Кош-Агачском районе. Более слабо это повышение проявилось в Майминском (где 7 заболеваний превысили 150%-ный порог и 3 – 200%-ный), Улаганском (6 и 1 соответственно), Турачакском (5 и 2) и Чемальском (5 и 2) районах (заметим, что в Майминском районе тоже отмечались заметные толчки в 2004 г.), но в целом во всех районах был отмечен высокий уровень заболеваемости. В 2003 г. повышенный уровень заболеваемости наблюдался уже на большей территории Горного Алтая. В частности, в 2002–2003 гг. наблюдался всплеск заболеваемости среди детей болезнями систем пищеварения и кровообращения. Характерно, что рост числа новообразований, болезней с неясными симптомами и признаками, заболеваний костно-мышечной системы среди детей начался с 1999 г., для болезней сердечно-сосудистой, эндокринной и мочеполовой систем он наблюдался в течение всего периода исследования с некоторым замедлением темпов роста в 1999–2001 гг. и ускорением в последующие годы.

При анализе заболеваемости среди подростков необходимо отметить возникновение заболеваний, не диагностирующихся на территории района в течение последних двух лет: онкологические заболевания и психические расстройства. Рост заболеваемости наблюдается и по классу нервных болезней.

Среди болезней у детей следует обратить внимание на состояния, возникающие, в перинатальном периоде: в 2002 г. этот показатель на 1000 населения составил 1.4; в

2003 г. – 5.4 (рост в 4 раза). Повысилась первичная заболеваемость и в отношении болезни крови и кроветворных органов, болезнью глаза и костно-мышечной системы.

При изучении первичной заболеваемости в Улаганском районе среди взрослого населения наблюдается рост по сравнению с 2002 г. по следующим классам болезней (показатель на 1000 населения):

- 1) врожденные аномалии: в 2002 г. – 1.6; в 2003 г. – 3.2 (рост в 2 раза);
- 2) болезни кожи и подкожной клетчатки: в 2002 г. – 65.1; в 2003 г. – 115.3 (рост в 1.8 раза);
- 3) болезни крови и кроветворных органов: в 2002 г. – 13.5; в 2003 г. – 18.3 (рост в 1.4 раза);
- 4) болезни органов пищеварения: в 2002 г. – 23.7; в 2003 г. – 32.0 (рост в 1.4 раза).

У подросткового населения значительно увеличилась заболеваемость по таким классам болезней, как болезни органов пищеварения – в 6.8 раз, болезни органов дыхания – в 2.7 раза, болезни кожи и подкожной клетчатки – в 1.5 раза. У детей увеличилась заболеваемость по следующим классам болезней: состояния, возникающие в перинатальном периоде, – в 2 раза; болезни органов пищеварения – в 1.9 раза; болезни крови и кроветворных органов – в 1.4 раза.

Действительно, при подготовке сейсмического очага обычно происходит усиление электромагнитного и инфразвукового излучения, усиливается истечение радона, ртути и других газовых компонент, изменяется состав подземных и поверхностных вод, что неблагоприятно сказывается на здоровье человека и приводит к стрессам. Необходимо отметить, что распространение этих явлений может быть гораздо шире, чем эпицентральная зона землетрясения, так как сейсмические подвижки происходили по всему Русскому и Монгольскому Алтаю.

### Выводы

В результате анализа больших массивов геологических, геофизических и медицинских данных было выявлено следующие закономерности.

1. Происходящая в настоящее время активизация сейсмических процессов на территории Горного Алтая оказывает существенное влияние на здоровье его населения, особенно проживающего в районе эпицентра Чуйского землетрясения.

Изучение особенностей геолого-геофизического строения территории выявило существование различного набора геологических характеристик и геофизических полей (месторождения и проявления полезных ископаемых, активные разломы, аномалии геофизических полей, некоторые особенности газовой и аэрозольной характеристик воздуха, метеопараметры, геохимические аномалии и др.) и показало, что существует влияние данных факторов на здоровье населения, проявляющееся за несколько лет перед землетрясением. Полученные данные свидетельствуют о том, что уже за два–три года до основного толчка изменения в геологической среде в результате подготовки Чуйского землетрясения начали влиять на здоровье населения. На основании анализа изменений коэффициента взаимной корреляции между заболеваниями и геологическими факторами можно говорить о постепенном увеличении связи между ними начиная с 2001 г., особенно резко усилившейся в 2002–2003 гг.

2. Общая заболеваемость среди взрослых и детей в целом за период 1996–2003 гг. достоверно выросла. Рост заболеваемости среди детей значительно более выражен, чем

среди взрослых, что может быть связано с большей отзывчивостью несформировавшегося детского организма на изменение характеристик окружающей среды в период подготовки землетрясения.

3. Геофизические поля оказывают существенное влияние на функционирование живых организмов. Выявленные ранее данные о существенном влиянии динамики геофизических полей на здоровье населения при геомагнитных возмущениях определяют необходимость комплексного поиска геофизических и физиологических предвестников сейсмических процессов.

Активизация геодинамических процессов, связанная с подготовкой Чуйского землетрясения и его афтершоковым процессом, привела к увеличению обращаемости населения по разным видам заболеваний в медицинские организации Республики Алтай, а уменьшение проявлений афтершокового процесса данного землетрясения, наоборот, совпало с уменьшением количества зафиксированных заболеваний.

Выявленные особенности могут выступать как характеристики адаптации населения к изменившимся условиям среды и параметры для предсказания сейсмических событий, а также способствовать пониманию процессов, происходящих в результате взаимодействия организма человека и геологической среды.

### Литература

- Антикаева О.И., Шитов А.В.* Динамика заболеваемости населения до и после сильных землетрясений и ее связь с другими природными факторами (на примере Чуйского землетрясения 2003 г.) // Геофизические процессы и биосфера. 2009. Т. 8, № 3. С. 46–55.
- Биогенный магнетит и магниторецепция: Новое о биомagnetизме: в 2-х т. Пер. с англ. / Под ред. Дж. Киршвинка, Д. Джонса, Б. Мак-Фаддена. М.: Мир, 1989. Т. 1. 353 с.
- Вартамян Г.С., Шахнова Р.Х.* Современное состояние проблемы изучения геоиндикаторов быстрых экологических изменений окружающей среды // Геоэкологические исследования и охрана недр. М.: Геоинформмарк, 1996. С. 8–11.
- Воробьев А.А.* Физические условия залегания глубинного вещества и сейсмические явления. Томск: Изд-во ТГУ, 1974. 271 с.
- Геодаков А.Р., Овсяченко А.Н., Платонова С.Г., Рогожин Е.А.* Материалы предварительного изучения сильного землетрясения 2003 г. на Горном Алтае // Электрон. науч.-информ. журн. «Вестник Отделения наук о Земле РАН». 2003. № 1 (21).
- Гольдин С.В., Селезнев В.С., Еманов А.Ф. и др.* Чуйское землетрясение и его афтершоки // Докл. РАН. 2004. Т. 395, № 4. С. 1–4.
- Гохберг М.Б., Моргунов В.А., Герасимович Е.А., Матвеев И.В.* Оперативные электромагнитные предвестники землетрясений. М.: Наука, 1985. 116 с.
- Дмитриев А.Н.* Природные самосветящиеся образования. Новосибирск: Ин-т математики РАН, 1998. 243 с.
- Достовалова М.С.* Оползневые процессы в Чуйской сейсмоактивной зоне // Алтайское (Чуйское) землетрясение: прогнозы, характеристики, последствия: Материалы научно-практической конференции / Под ред. А.В. Шитова. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2004. С. 89–92.
- Достовалова М.С., Шитов А.В.* О влиянии геодинамической активизации на оползневую активность (на примере территории Горного Алтая) // Инженерная геология. 2010. № 2. С. 62–68.
- Еманов А.Ф., Еманов А.А., Филина А.Г., Кунгурцев Л.В., Лескова Е.В., Шейкина Ж.В., Ярыгина М.А.* Пространственно-временной анализ сейсмичности Алтае-Саянской складчатой

- зоны // Проблемы сейсмологии 3-го тысячелетия: Материалы международной геофизической конференции, г. Новосибирск, 15–19 сентября 2003 г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. С. 73–86.
- Еманов А.Ф., Селезнев В.С., Гольдин С.В., Еманов А.А., Филина А.Г., Колесников Ю.И., Фатеев А.В., Лескова Е.В., Ярыгина М.А.* Чуйское землетрясение и динамика сейсмической активизации эпицентральной области // Алтайское (Чуйское) землетрясение: прогнозы, характеристики, последствия: Материалы Научно-практической конференции / Под ред. А.В. Шитова. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2004. С. 3–12.
- Здоровье населения и итоги работы учреждений здравоохранения Республики Алтай за 2003 год. Горно-Алтайск: Республ. мед. информ.-аналит. центр Министерства здравоохранения Республики Алтай, 2004.
- Кац В.Е.* Гидрогеологические особенности состояния подземных вод на территории Республики Алтай в 2004 г. (после Чуйского землетрясения) // Природные ресурсы Горного Алтая. 2005. № 2. С. 61–65.
- Кац В.Е., Шитов А.В., Драчёв С.С.* О механизмах изменения химического состава и температуры подземных вод в районе Горно-Алтайска // Геоэкология. 2010. № 3. С. 207–212.
- Мельников Е.К., Рудник В.А., Мусийчук Ю.И., Рымарев В.И.* Патогенное воздействие зон активных разломов земной коры Санкт-Петербургского региона // Геоэкология. 1994. № 4. С. 50–69.
- Островский В.Н.* Экотектоника как направление геоэкологии // Геоэкологические исследования и охрана недр / Под ред. В.Н. Островского. М.: Геоинформмарк, 1995. Вып. 3. С. 4–7.
- Протасов В.Ф.* Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: Учеб. и справ. пособие. М.: Финансы и статистика, 1999. 671 с.
- Рогожин Е.А., Платонова С.Г.* Очаговые зоны сильных землетрясений Горного Алтая в голоцене. М.: ОИФЗ РАН, 2002. 130 с.
- Теория и методология экологической геологии / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Т.И. Аверкина и др. М.: Изд-во МГУ, 1997. 368 с.
- Тимофеев В.Ю., Ардюков Д.Г., Кале Э., Дучков А.Д., Запирева Е.А., Казанцев С.А., Русбек Ф., Брюникс К.* Поля и модели смещений земной поверхности Горного Алтая // Геология и геофизика. 2006. № 47 (8). С. 923–937.
- Трансформация экологических функций в эпоху техногенеза / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Т.А. Барабошкина. М.: Ноосфера, 2006. 720 с.
- Туркин Ю.А., Федак С.И.* Геология и структурно-вещественные комплексы Горного Алтая. Томск: STT, 2008. 460 с.
- Шестакова О.В., Шестернина Ж.Г.* К вопросу о влиянии землетрясения на здоровье населения Республики Алтай // Алтайское (Чуйское) землетрясение: прогнозы, характеристики, последствия: Материалы Научно-практической конференции / Под ред. А.В. Шитова. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2004. С. 156–160.
- Шитов А.В.* Природные самосветящиеся образования как экогеологический фактор на территории Горного Алтая: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Горно-Алтайск, 1999. 23 с.
- Шитов А.В.* Экогеологические факторы и их влияние на здоровье населения Горного Алтая // Журнал проблем эволюции открытых систем. 2006. Т. 1, вып. 8. С. 120–133.
- Шитов А.В.* Влияние изменений геолого-геофизических характеристик, связанных с Чуйским землетрясением 2003 года, на здоровье населения Республики Алтай // Геориск. 2010. № 2. С. 48–53.
- Шитов А.В., Ушакова В.Г., Большух Т.В., Гвоздарев А.Ю., Кочеева Н.А.* Термальные источники, как индикаторы геодинамической активности на территории Горного Алтая // Проблемы инженерной геодинамики и экологической геодинамики: Труды Международной научной конференции / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 2006. С. 69–72.

- Nissen E., Emmerson B., Funning G.G., Mistukov A., Parsons B., Robinson D., Rogozhin E., Wright T.* Combining InSAR and seismology to study the 2003 Siberian Altai earthquakes – dextral strike-slip and anticlockwise rotation in the northern India-Eurasia collision zone // *Geophys. J. Int.* 2007. N 169. P. 216–232.
- Shitov A.V.* Health of people living in a seismically active region // *Man and the Geosphere*. N.Y.: Nova Publ. Press, 2010. P. 185–213.
- St-Laurent F., Derr J.S., Freund F.T.* Earthquake lights and the stress-activation of positive hole charge carriers in rocks // *Physics and Chemistry of the Earth*. 2006. A/B/C. V. 31. P. 305–312.
- Yasui Y.* A summary of studies on luminous phenomena accompanied with earthquakes // *Memoirs Kakioka Magnetic Observatory*. 1973. V. 15. P. 127–138.

#### *Сведения об авторе*

**ШИТОВ Александр Викторович** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, начальник технопарка Горно-Алтайского государственного университета. 649000, г. Горно-Алтайск, ул. Ленкина, д. 1. Тел. 8-913-999-8-161. E-mail: sav103@yandex.ru

## **ABOUT CHANGE OF INFLUENCE OF THE GEOLOGICAL CHARACTERISTICS ON HEALTH OF THE POPULATION BEFORE GEODYNAMIC ACTIVIZATION**

**A.V. Shitov**

Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Republic Altay, Russia

**Abstract.** The influence of the geological factors on health of the population of Republic Altay is analyzed. The study of features of a geological and geophysical structure of territories has revealed existence of a various set of the geological characteristics and geophysical fields (deposit and display of minerals, active breaks, anomalies of geophysical fields, some features of the gas and aerosol characteristics of air, geochemical anomalies and other factors) rendering influence on health of the population after some years before earthquake.

*Keywords:* geological environment, Chuya earthquake, health of the population, Republic Altai.