

3. Дружинин, В.С. Изучение строения земной коры северо-западной части Западно-Сибирской плиты / В.С. Дружинин, А.Б. Карманов // Советская геология. — 1985. — № 9. — С. 38–48.
4. Дружинин, В.С. Карта доюрских вещественных комплексов северо-западной части Западно-Сибирской равнины на основе объемной модели земной коры / В.С. Дружинин, В.В. Колмогорова, Н.И. Начапкин, В.Ю. Осипов, А.М. Брехунцов, И.И. Нестеров, И.А. Плесовских // Отечественная геология. — 2009. — № 1. — С. 104–112.
5. Дружинин, В.С. Региональный прогноз на поиски месторождений углеводородов с учетом специфики строения верхней части литосферы Уральского региона / В.С. Дружинин, П.С. Мартышко, Н.И. Начапкин, В.Ю. Осипов // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 1. — С. 33–41.
6. Дружинин, В.С. Строение верхней части литосферы и нефтегазоносность недр Уральского региона. Монография / В.С. Дружинин, П.С. Мартышко, Н.И. Начапкин, В.Ю. Осипов. — Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2014. — 226 с.
7. Дружинин, В.С. Строение земной коры Полярного сектора Уральской складчатой системы по данным ГСЗ / В.С. Дружинин, В.А. Ракитов, В.Ю. Осипов, Н.И. Начапкин, В.В. Неядько // Геология и геофизика. — 2014. — Т. 55. — № 3. — С. 498–505.
8. Дружинин, В.С. Тектоническая модель кристаллической коры Урала и сопредельных территорий / В.С. Дружинин, П.С. Мартышко, Н.И. Начапкин, В.Ю. Осипов. // ДАН. — 2015. — Т. 463. — № 2. — С. 1–4.
9. Дружинин, В.С. Новая региональная карта тектоники консолидированного фундамента осадочного бассейна и приповерхностных складчатых структур Уральского региона / В.С. Дружинин, П.С. Мартышко, В.Ю. Осипов // ДАН. — 2017. — Т. 475. — № 1. — С. 60–63.
10. Иванов, К.С. Глубинное строение и развитие Урала и фундамента Западно-Сибирской платформы: Матер. II Всероссийской науч. конф. с участием иностранных ученых / К.С. Иванов, В.А. Коротеев, Ю.Н. Федоров, А.В. Рыбалка. Тюмень. 27–29 апреля 2010. — Новосибирск: Академическое изд-во «Гео». — 2010. — С. 62–65.
11. Костюченко, О.Л. Тимано-Урал-Пайхойская коллизийные области / О.Л. Костюченко, А.Ф. Морозов, А.А. Кременецкий. — М.: Геокарт-Геос, 2012. — 210 с.
12. Нестеров, И.И. Существовали ли грабены, рифтовые впадины и авлокогены? / И.И. Нестеров, В.С. Бочкарев, А.М. Брехунцов // Горные ведомости. — 2013. — № 1. — С. 4–18.
13. Основные результаты глубокого и сверхглубокого бурения в России. Монография / Под ред. Б.Н. Хахаева, А.Ф. Морозова, В.В. Кеннига, В.И. Горбачева, А.Я. Докучаева. — СПб.: Изд-во Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2000. — 112 с.
14. Сурков, В.С. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты / В.С. Сурков, О.Г. Жеро. — М.: Недра, 1981. — 143 с.
15. Druzhinin, W.S. Experience of Regional Prediction of Hydrocarbon Deposits Prospecting in the Vicinity of Ural Oil and Gas Provinces / W.S. Druzhinin, V.S. Osipov, N.I. Nachapkin // Oil and Gas Exploration. Methods and Application (Edited by Said Gaci Olga Hachay). Special Publication 72. Published under the aegis of the American Geophysical Union Publications Committee. — 2017. ISBN: 978-119-22742-7. — P. 1–18.

© Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю., 2019

Дружинин Владимир Степанович // druvs@mail.ru
Начапкин Николай Иванович // nachapkin@mail.ru
Осипов Вячеслав Юрьевич // usc_slava@mail.ru

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 550.349.2

Лыгин А.М. (Роснедра), Анненков А.А., Куликов Г.В. (ФГБУ «Гидроспецгеология»)

ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА ГИДРОГЕОДЕФОРМАЦИОННОГО (ГГД) ПОЛЯ

Приводятся разработанные рекомендации по повышению геодинамической информативности мониторинга ГГД поля, выполняемого ФГБУ «Гидроспецгеология» в сейсмоопасных регионах России. Рассмотрены вопросы выбора водоносного горизонта для постоянного наблюдения за гидродинамическим, гидрохимическим и термодинамическим режимами подземных вод в каждой наблюдательной скважине. Рассмотрена необходимость комплексного мониторинга ГГД поля и геофизических полей, в частности электромагнитного поля, на созданных полигонах в сейсмоактивных регионах и сопоставительного анализа их результатов. Приведены результаты оценки геодинамической обстановки по энергетическим параметрам ГГД поля, циклам гидрогеодинамических импульсов и объединяющим их аттракторам в период подготовки и проявления Култукского землетрясения, в значительной мере повышающие геодинамическую информативность мониторинга ГГД поля. **Ключевые слова:** ГГД поле, сейсмоопасные регионы России, геофизическое поле, Култукское землетрясение, режим подземных вод, комплексный мониторинг ГГД поля и геофизических полей, электромагнитное поле.

Lygin A.M. (Rosnedra), Annenkov A.A., Kulikov G.V. (Hydrospetzgeologiya)

ASSESSMENT OF THE GEODYNAMIC SITUATION ACCORDING TO THE HYDROGEODEFORMATION (HGD) FIELD MONITORING DATA

The developed recommendations on the increase of geodynamic information content of the monitoring of the HGD field carried out by the FSBI «Hydrospetzgeologiya» in the seismically dangerous regions of Russia. The issues of aquifer selection are considered, under constant monitoring of the hydrodynamic, hydrochemical and thermodynamic mode of groundwater in each observation well. The necessity of complex monitoring of the HGD field and geophysical fields, in particular of the electromagnetic field, on the created polygons in seismically active regions and the comparative analysis of their results is considered. The results of the assessment of the geodynamic situation with respect to the energy parameters of the HGD field, the cycles of hydrogeodynamic impulses, and the attractors that unite them during the preparation and manifestation of the Kultuk earthquake, greatly enhance the geodynamic information content of the monitoring of the HGD field. **Keywords:** HGD field, seismically dangerous regions of Russia, geophysical field, Kultuksky earthquake, mode of groundwaters, complex monitoring of the HGD field and geophysical fields, in particular of the electromagnetic field.

При интерпретации результатов мониторинга ГГД поля необходимо учитывать возможные изменения в режиме подземных вод, которые обусловлены не

только геодинамическими процессами в земной коре. Изменения в режиме подземных вод могут быть связаны с проявлением иных воздействий на подземную гидросферу, снижающих ее геодинамическую информативность. Более того, некоторые воздействия в силу различных причин могут привести к полному искажению результатов геодинамического мониторинга.

1. При анализе результатов мониторинга ГГД поля следует учитывать факторы, снижающие геодинамическую информативность подземной гидросферы. Наблюдения за режимом грунтовых вод слабо отражают, часто просто не отражают проявления геодинамических процессов в земной коре. Обусловлено это активным влиянием на режим грунтовых вод поверхностных водных источников, атмосферных осадков, морских приливов и других факторов воздействия.

Режим напорных подземных вод в меньшей мере подвержен воздействию атмосферных осадков и поверхностных водотоков, и поэтому в нем более отчетливо выделяются суточные и полусуточные приливные волны, в то время как в режиме грунтовых вод они сопоставимы с уровнем шума.

Режим грунтовых вод и вод напорных горизонтов может также находиться с трендом снижения их уровня в результате различных техногенных воздействий, в частности, связанными с эксплуатацией месторождения подземных вод, осуществлением дренажных мероприятий и др.

2. Неприливные силы тяжести в зоне эпицентра готвящегося землетрясения могут быть обусловлены различными тектоническими причинами. Критические напряжения, приводящие к уплотнению или разуплотнению пород — изменению силы тяжести четко отражаются на картах, составленных по энергетическим параметрам ГГД поля.

По расчетам П.Н. Кропоткина участки земной коры, охваченные растяжением, не превышают 2 % общей площади, а вся остальная ее часть находится в состоянии сжатия. В пределах Восточно-Африканских рифтов, Байкальского рифта, рифта Рио-Гранде основное растяжение ориентировано перпендикулярно краям узких и длинных рифтов.

В Центральной и Восточной Азии наблюдается весьма сложная картина распределения полей сжимающих и растягивающих напряжений, связанная с взаимодействием разных по размерам плит земной коры, что вызывает образование сдвиговых нарушений, при которых края плит скользят друг относительно друга.

При оценке геодинамической обстановки по результатам анализа карт и графиков, составленных по данным мониторинга ГГД поля, следует учитывать, что гравитационные предвестники — изменения силы тяжести, связанные непосредственно с геодинамическими процессами в очаговой зоне, быстро уменьшаются с расстоянием и могут наблюдаться в радиусе от десятков до сотен километров от очаговой зоны. Статистические данные показывают, что гравитационные сигналы были зарегистрированы в 90 % случаях в среднем за 8–15 дней перед сильными землетрясени-

ями. В большинстве случаев наблюдается сначала снижение, а затем увеличение силы тяжести [7, 8].

3. Если в геологическом разрезе наблюдательной скважины имеются пласты глин, то информативность подземных вод о проявлении геодинамических процессов в земной коре снижается. Объясняется это пластичностью глин, способностью их к заметному уплотнению и разуплотнению при изменении геодинамических напряжений, снижая воздействия напряжений на водоносные горизонты.

Установлено также, что осадочные породы в верхних слоях земной коры до глубины примерно 3 км, при объемном сжатии пористой среды, деформируются преимущественно в упругом режиме. В более глубоких слоях начинают проявляться необратимые деформации и флюиды. Покинув поровое пространство пород, обратно в него не возвращаются, двигаясь преимущественно вверх, повышая гидравлические напоры в вышележающих водоносных горизонтах [9]. Проникновение вод в верхние горизонты через водоупорные пласты ускоряется в связи с более высокой их минерализацией и температурой. Отмечается, что проницаемость глин по отношению к пресной воде значительно ниже, чем по отношению к минерализованным водам. С ростом температуры проницаемость глин тоже возрастает, причем более резко, чем под влиянием минерализации вод [6]. Таким образом, в период подготовки землетрясения в результате проявления деформаций в земной коре образуются трещины, по которым происходит поступление более глубоких горизонтов, обладающих более высокими гидравлическими напорами.

4. Вариации электромагнитного поля, результаты наблюдений за которыми используются при оценке состояния сейсмотектонической обстановки и проявления деформационных процессов обусловлены, в значительной мере, гидрогеодинамическими процессами в земной коре, и это должно учитываться, используя результаты наблюдений за вариациями электромагнитного поля и гидрогеодинамическим режимом подземных вод при их сопоставительном анализе. Кроме прямых эффектов излучения электромагнитных волн при возникновении и развитии трещин в горных породах (в период подготовки землетрясения) имеют место:

- электрокинетические эффекты в заполняющем трещины флюиде;
 - модуляционные эффекты, связанные с модуляцией теллурических токов при раскрытии и закрытии трещин и другие явления [11].
- Расчеты и сопоставление с измерениями теллурических токов привели к выводу, что аномалии их вызваны электрокинетическим эффектом изменяющегося по мощности фильтрационного потока подземных вод. Наибольшие изменения последнего происходили в зонах разломов.

Это отражается в повышении уровня подземных вод, их минерализации и температуры в водоносном горизонте, выбранном под наблюдение, и одновременно в показаниях электромагнитной эмиссии.

Метод регистрации ЕИЭМ-ПЗ является универсальным инструментом для мониторинга геодинамической активности земной коры. Отмечается также, что в результате миграции флюидов в верхний осадочный чехол меняются физические свойства горных пород (электропроводность) и при определенных (давление и температура) условиях это способствует образованию тектонических нарушений. Изменение электропроводности происходит за счет интенсивной миграции высоко проводящих флюидов в земной коре.

В контактной зоне различных структурных блоков происходит взаимодействие между флюидными потоками и сдвиговыми деформациями, и эти связи требуют совместного рассмотрения, как основных факторов эволюции земной коры.

Уменьшение сопротивления тектонической деформации сдвигу может происходить за счет дегидратации горных пород в результате процессов их метаморфизации. Образуются зоны трещиноватости, разуплотнения пород [2].

«Распределение флюидного давления зависит от проницаемости пород, скорости изменения их трещиноватой пористости, скорости перемещения объема флюида из областей повышенного давления в области более низкого давления». Указывается, что ... «в зонах разломов на глубинах более 3–5 км трещинная пористость становится существенно выше пористости блоков, которые этими разломами ограничиваются, и выше пористости приповерхностных участков разломов» [12].

Землетрясения с $M < 6,0$ характеризуются сравнительно простым строением очага, который может быть представлен как единая плоскость подвижки в зоне крупного разлома. Более сильные землетрясения с магнитудой 6,0 и выше демонстрируют приуроченность очагов к местам сочленения или пересечения крупных разломов. Повышения напряженного состояния горных пород являются причиной геодинамических явлений, приводя к различным энергетическим дисбалансам. При этом «как энергию, каким-то образом запасенную в земной толще, так и напряженное состояние горных пород оценить ни прямыми, ни косвенными измерениями на сегодняшний день невозможно» [4].

Следует заметить, что в настоящее время по энергетическим параметрам ГГД поля успешно определяют-

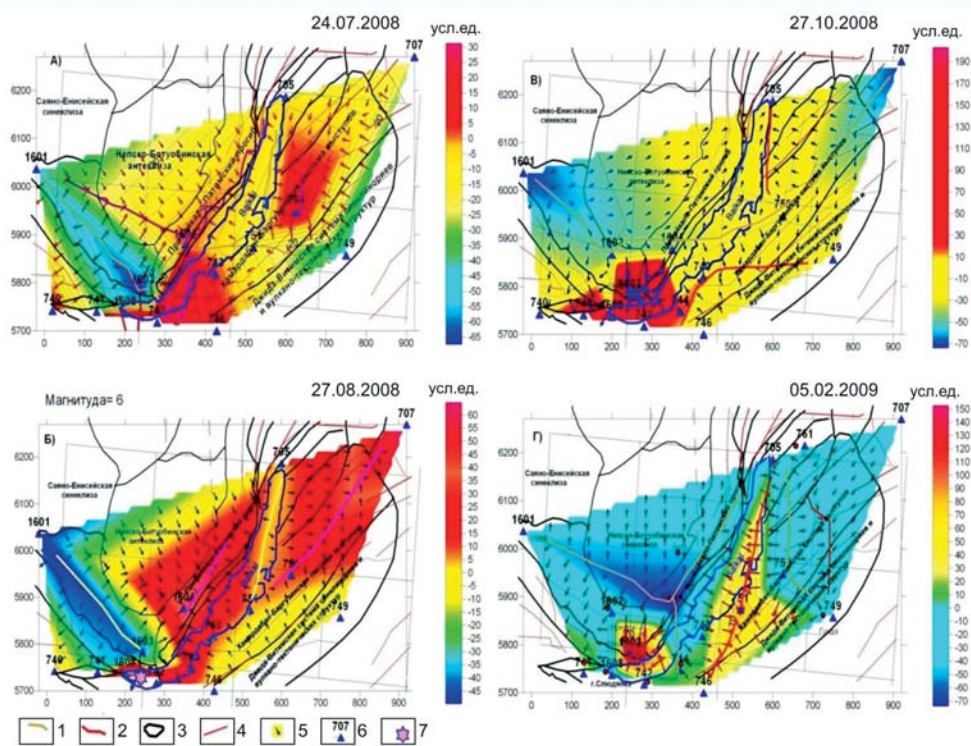


Рис. 1. Карты изменения энергетического потенциала (потенциальной энергии) ГГД поля в Байкальском регионе за период 24.07.08 по 05.02.09 до проявления, при проявлении и после проявления Култукского землетрясения: 1 — ось растяжения; 2 — ось сжатия; 3 — границы тектонических структур; 4 — тектонические разломы; 5 — векторы напряжения; 6 — пункты наблюдения; 7 — землетрясение 27 августа 2008 г.

ся относительные изменения напряженного состояния горных пород в периоды подготовки и проявления землетрясения. На представленных картах потенциальной энергии ГГД поля (рис. 1) показано, как более чем за месяц до проявления Култукского землетрясения формировались два геодинамических блока сеймотектонических напряжений. Затем по мере приближения ко времени проявления сейсмического события эти два геодинамических блока высоких напряжений увеличились до огромных размеров. Это землетрясение произошло 27 августа 2008 г. на юге оз. Байкал, в пределах подводного сегмента зоны Главного Саянского разлома, с $M = 6,1$. Очаг располагался на глубине около 16 км.

На представленных картах, составленных по энергетическим параметрам ГГД поля видно, что после прошедшего Култукского землетрясения, сеймотектонические напряжения получили разрядку в обоих блоках. Поэтому проявление сейсмических событий в северо-восточном блоке сформировавшихся высоких напряжений оказалось отложенным на более поздний срок. В последующем в этом районе произошли землетрясения с $M = 4,5–5,0$. В очаге Култукского землетрясения превалировало сбросовое смещение с существенной сдвиговой составляющей. Этот район характеризуется высокой сейсмической активностью. Здесь произошло множество сильных землетрясений.

Отмечается, что получение данных об изменениях во времени любого из параметров на дневной поверхности есть лишь «необходимое, но далеко не достаточ-

ное условие для прогнозирования какого бы то ни было эндогенного процесса, обуславливающего возникновение аномалий поля тектонических напряжений. Необходима, прежде всего, информация о структурно-тектонической приуроченности этих аномалий, без чего сам факт наличия вариаций того или иного параметра мало чего стоит» [1]. Следует учитывать, что действительно без наличия соответствующей структурно-тектонической основы интерпретация результатов мониторинга ГГД поля становится невозможной.

Считалось, что предвестником землетрясения может быть та или иная особенность соответствующего параметра, повторяющаяся перед несколькими сильными событиями. При этом было отмечено, что часто «отсутствует гипотеза или хотя бы схема физической связи измеряемого параметра с прогнозируемым явлением» [10]. Установлено, что перед землетрясением меняются физические (механические и электрические в первую очередь) свойства горных пород. Возникают аномалии разного рода геофизических полей: сейсмического, поля скоростей упругих волн, электрического, магнитного, аномалии в наклонах и деформациях поверхности, гидрогеологическом (гидродинамическом, гидрохимическом и термодинамическом) режиме и т.д. В сущности, на этом и основано проявление большинства предвестников.

По А.Д. Завьялову требования к наблюдаемым явлениям, чтобы их можно было бы рассматривать в качестве предвестников землетрясений, сформулированы следующим образом:

- ясный физический смысл прогностических признаков;
- физическая обоснованность связи каждого прогностического признака с процессом подготовки землетрясений;
- обеспеченность каждого прогностического признака данными наблюдений как во времени — наличие долговременных рядов значений прогностических признаков, так и в пространстве, т.е. возможность их картирования;
- наличие формализованной процедуры выделения аномалий прогностических признаков, основанной на модели их поведения в период подготовки землетрясения;
- возможность получения оценок ретроспективных статистических характеристик каждого предвестника: вероятности успешных прогнозов (вероятности обнаружения), вероятности ложных тревог, прогностической эффективности (информативности) и т.п.

В каждом сейсмоактивном регионе может одновременно существовать несколько очагов будущих землетрясений, находящихся на различной стадии подготовки сейсмического события. В то же время, отмечается, что форшоковый процесс, на закономерностях которого в модели С.А. Федотова предпринимается попытка определения времени будущих землетрясений, не является процессом детерминированным. Форшоки предваряют достаточно сильные землетрясения далеко не всегда и случайным образом. Так, от-

мечено, что в XX в. землетрясения с $M \geq 7,5$ в Северо-Восточной Японии форшоками практически не предварялись, на Камчатке — предварялись лишь в 20 % случаях, в то время как на Курильских островах — 80 % случаев. Следует добавить, что, несмотря на неоднократные попытки, предпринимающиеся многими исследователями в течение не одного десятилетия, до настоящего времени так и не удалось обнаружить такие признаки, которые позволяли бы как-то отличать форшоки от других землетрясений.

Результаты многолетнего мониторинга геофизических полей в Дальневосточном, Алтае-Саянском, Байкальском и Северокавказском полигонах показали, что все землетрясения в период их подготовки отмечаются проявлением форшоков, часто очень слабых с $M = 1,5-2,5$.

Представления о геодинамических процессах в земной коре по данным мониторинга ГГД поля.

В процессе накопления упругой энергии наступает первый этап хрупкой деформации, в результате которой происходит некоторое снижение упругих напряжений. На этой стадии хрупкой деформации разрушаются самые слабые по прочности структурные элементы системы, но объем сокращения порового и трещинного пространства при этом наиболее значительный. Это четко отражается на графиках геодинамического режима подземных вод наибольшими амплитудами колебания их уровня.

В результате проявления слабых землетрясений в форшоковую стадию (в период подготовки сильного землетрясения) происходит резкое снижение упругих напряжений и затем наступает новый цикл в гидродинамическом режиме подземных вод. Начинается он с максимальных амплитуд колебания уровня подземных вод.

На последующих стадиях уплотнения среды в результате хрупкой деформации требуются более значительные (все возрастающие) упругие напряжения для разрушения более прочных структурных элементов. При этом объем сокращения порового и трещинного пространства в результате как увеличения упругих напряжений, так и хрупкой деформации становится значительно меньшим. Это также наглядно демонстрируется на графиках гидродинамического режима подземных вод постепенным сокращением амплитуды колебания их уровня.

Непосредственно перед сильным землетрясением амплитуды колебания уровня подземных вод становятся минимальными, что указывает на достижение почти предельных упругих напряжений в системе, т.е. на то, что она приближается к неустойчивому геодинамическому состоянию. Весь заключительный период подготовки землетрясения наглядно иллюстрируется на графике циклов гидродинамических импульсов (рис. 2).

На графике по данным мониторинга ГГД поля видно, что отфильтрованные значения уровня подземных вод содержат некоторые закономерности, которые мы назвали гидродинамическими



Рис. 2. Цикличность гидрогеодеформационных процессов, указывающая на будущее землетрясение 27 августа 2008 г. с $M = 6$ в районе г. Слюдянка (Байкальский регион)

циклами. Эти циклы зарождаются, угасают и снова восстанавливаются. Например, после того как цикл № 1, представленный точками 1.1 и 1.2 угас, зарождается новый цикл — № 2, а после его угасания зарождается цикл № 3 и так далее, т.е. геологическая система находится в аperiodическом автоколебательном режиме. Момент угасания сейсмической активности на графиках, представленных на рис. 2, идентифицируется по точке пересечения линии 1.1–1.2, проведенной через экстремумы высокочастотных колебаний уровня подземных вод с осью абсцисс (шкала времени). Этот момент характеризуется неустойчивым равновесием системы (геологической среды). Такое неустойчивое равновесие быстро разрушается, в результате чего происходит землетрясение. Есть и другие циклы, например, цикл № 3. Линия, представленная точками 3.1 и 3.2, определяет состояние геологической среды, также как и линии, представленные циклами № 2 и № 1. Общее между этими тремя циклами то, что линии, проведенные через соответствующие циклам экстремумы, заканчиваются в одно и то же время — в данном случае 27 августа 2008 г. в момент Култукского землетрясения, которое произошло вблизи г. Слюдянка.

Кроме того, циклы гидрогеодинамических импульсов при подготовке Култукского землетрясения на Байкале, построенные по наблюдениям в скважинах 705 и 1604, расположенных друг от друга на значительных расстояниях, проявлялись не одновременно (рис. 3). Это свидетельствует о том, что в процессе подготовки землетрясения циклы гидрогеодинамических импульсов проявляются не только вблизи очага землетрясения, но и на значительном расстоянии от него.

Анализ особенностей гидрогеодинамического режима в различных наблюдательных пунктах мониторинга ГГД поля показывает, что в наиболее удаленных из них от предстоящего землетрясения амплитуды колебания уровня подземных вод менее значительные. Так, по скважине 705, наиболее удаленной от эпицентра Култукского землетрясения (г. Слюдянка, 27.06.2008, $M = 6,0$) амплитуда состав-

вила 1,5 см, а в скважинах 1602 и 1603 (наиболее близких к эпицентру) — 5,28 и 3,63 соответственно.

Следует отметить, что в отличие от сильных землетрясений реакция подземной гидросферы на подготовку значительно меньших по энергии землетрясений проявлялась только в пределах того региона, в котором произошло землетрясение, а в других регионах реакция подземной гидросферы на слабые землетрясения не проявлялась. Так, на Култукское землетрясение с $M = 6,0$ реакция гидросферы была локальной и проявлялась только в пределах Байкальского региона, в котором произошло землетрясение.

Таким образом, результаты многолетнего мониторинга ГГД поля показывают на четкую согласованность режима подземных вод с проявлениями напря-

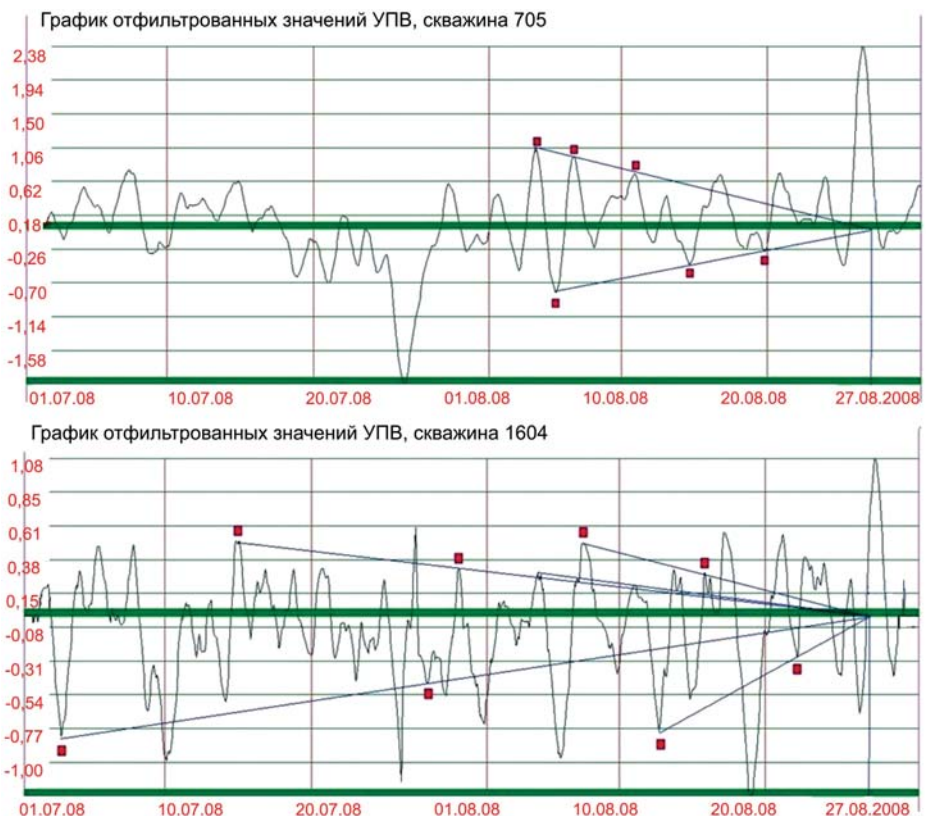


Рис. 3. На примере Култукского землетрясения отражена длительность проявления аттракторов по разноудаленным от сейсмического события наблюдательным пунктам

жений в земной коре. По М.В. Гзовскому на каждом этапе нагрузки (напряжений) в земной коре, проявления деформационных процессов неравномерны и поэтому рост разрывов происходит в виде многократных импульсов — подвижек. При этом каждая подвижка характеризуется определенной стадийностью. Вначале возникает сеть мелких подготовительных трещин. Затем в условиях основного изменения напряженного состояния геологической среды происходит объединение части трещин в единую волнистую поверхность разрушения и возникновение сопряженных с нею поверхностей скальвания [3].

Рассматривая всю гамму наблюдаемых циклических знакопеременных и трендовых движений, можно заключить, что основным свойством геологической среды, особенно в активных разломных зонах, является нахождение ее в непрерывном движении. Движение выступает как форма существования геологической среды.

Места проявления геодинамических движений тяготеют к активным тектоническим структурам (разломам) и непосредственно прилегающим к ним объемам пород. Экспериментально в этих зонах установлены большие амплитуды смещений. С удалением от сейсмоактивных тектонических структур вглубь структурных блоков наблюдается снижение уровня смещений. Изучены особенности наиболее масштабной реакции подземных вод на геодинамические деформационные процессы в наблюдательных пунктах, расположенных в зонах сейсмоактивных разломов и непосредственной близости к ним. Установлено, что амплитуды гидрогеодинамического колебательного процесса в этих пунктах резко отличаются от регистрируемых параметров режима подземных вод во всех других пунктах региональной наблюдательной сети. В связи с этим при построении карт ГГД поля результаты наблюдений в пунктах, находящихся в разломных зонах, приходится исключать, так как не найдены пути их сопоставительной соразмерности. При построении карт и графиков не учитываются величина пористости или трещиноватости пород водоносных горизонтов и их мощность, за гидродинамическим режимом которых ведутся наблюдения. При увеличении геодинамических напряжений уменьшение пористости водоносных пород может достигать $n \cdot 10^{-4}$ [5]. При одной и той же величине геодинамических напряжений в массиве горных пород параметры повышения или понижения уровня подземных вод в различных наблюдательных скважинах могут быть различными.

Наиболее вероятная возможность установления сопоставительной соразмерности в изменениях величины подъема или снижения уровня подземных вод и соответственно повышения или снижения геодинамических напряжений может быть основана на наблюдениях за изменением уровня подземных вод в каждой наблюдательной скважине в результате изменения атмосферного давления. Возможно, следует также учитывать изменения уровня подземных вод в результате приливных воздействий.

Рассматривая всю гамму наблюдаемых циклических знакопеременных и трендовых движений, можно заключить, что основным свойством геологической среды, особенно в активных разломных зонах, является нахождение ее в непрерывном движении. Движение выступает как форма существования геологической среды. Учитывая изложенные рекомендации, оперативная оценка геодинамической обстановки будет более обоснованной, достоверной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аведисян, В.И. Гравиметрический мониторинг напряженно-деформированного состояния геологической среды. Сб. трудов Седьмых геофизических чтений им. В.В. Федынского / В.И. Аведисян, Ю.Ф. Коновалов. — М.: Научный Мир, 2005. — С. 184–191.
2. Боровский, Л.В. Гидрогеологический очерк. Кольская сверхглубокая / Л.В. Боровский, Г.С. Вартамян, Г.В. Куликов. — М.: Недра, 1984. — С. 248–254.
3. Гзовский, М.В. Математика в геотектонике / М.В. Гзовский. — М.: Недра, 1971. — С. 97–99.
4. Гликман, А.Г. О применении метода ССП для прогнозирования геодинамических явлений. Сб. трудов Четвертых геофизических чтений им. В.В. Федынского / А.Г. Гликман. — М.: Научный Мир, 2003. — С. 270–277.
5. Гольдин, С.В. Макро- и мезоструктура очаговой области землетрясения / С.В. Гольдин // Физическая мезомеханика. — 2005. — Т. 8.1. — С. 5–14.
6. Гольдберг, В.М. Проницаемость и фильтрация в глинах / В.М. Гольдберг, Н.П. Скворцов. — М.: Недра, 1986. — 160 с.
7. Добровольский, И.П. Гравитационные предвестники тектонического землетрясения / И.П. Добровольский // Физика Земли. — 2005. — № 4. — С. 23–28.
8. Добровольский, И.П. Математическая теория подготовки и прогноза тектонического землетрясения / И.П. Добровольский. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 240 с.
9. Кузнецов, О.Л. Преобразование и взаимодействие геофизических полей в литосфере / О.Л. Кузнецов, Э.М. Симкин. — М.: Недра, 1990.
10. Кондратьев, О.К. Прогноз землетрясений. Причины неудач и пути решения проблемы. Пятое геофизическое чтения им. В.В. Федынского. Тезисы доклада / О.К. Кондратьев. — М., 2003. — С. 23.
11. Лящук, Д.Н. Геоэлектромагнитноэмиссионные методы и аппаратура для исследования и мониторинга геодинамических процессов. Пятое геофизическое чтения им. В.В. Федынского. Тезисы докладов / Д.Н. Лящук, В.Д. Чебан, А.В. Назаревич. — 2003. — С. 137.
12. Ребецкий, Ю.Л. Взаимосвязь хрупких и пластичных свойств земной коры — ключ к решению проблем геодинамики и сейсмической опасности. Сб. труд. девятого геофизического чтений им. В.В. Федынского / Ю.Л. Ребецкий. — М., 2008. — С. 161–169.

© Лыгин А.М., Анненков А.А., Куликов Г.В., 2019

Лыгин Алексей Михайлович // alygin@rosnedra.gov.ru
Анненков Анатолий Алексеевич // info@specgeo.ru
Куликов Геннадий Васильевич // info@specgeo.ru

УДК 556.38:628.19

Коломиец А.М. (ФГУГП «Волгагеология»)

К ПРОБЛЕМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Статья рассматривает вопросы правового регулирования в национальном масштабе проблем, связанных с использованием подземных вод, с созданием национальных стандартов по вопросам вскрытия и освоения подземных вод. **Ключевые слова:** подземные воды, изыскание, запасы воды, защита и охрана подземных вод, загрязнение, технология, национальные стандарты.