

МОНИТОРИНГ ГИДРОГЕОДЕФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ В КАМЧАТСКОМ КРАЕ

Смолина Н.Н.

ОАО «Камчатгеология», КРЦМСН, Елизово, *prognoz-elz@mail.kamchatka.ru*

Введение

ОАО «Камчатгеология» с 2000 г. по настоящее время проводит опытно-методические работы по мониторингу геологической среды для изучения эволюции гидрогеодеформационного поля (ГГД-поле) и выявления его особенностей. Исследования включают проведение режимных гидрогеологических наблюдений и их обработку в соответствии с «Методическими указаниями по ведению гидрогеодеформационного мониторинга для целей сейсмопрогноза (система R-STERS)» [3]. Наблюдательная сеть, состоящая из 5 пунктов наблюдения (ПН), охватывает территорию в границах 53° – 56° с.ш. и 156° – 159° в.д. (рис. 1).

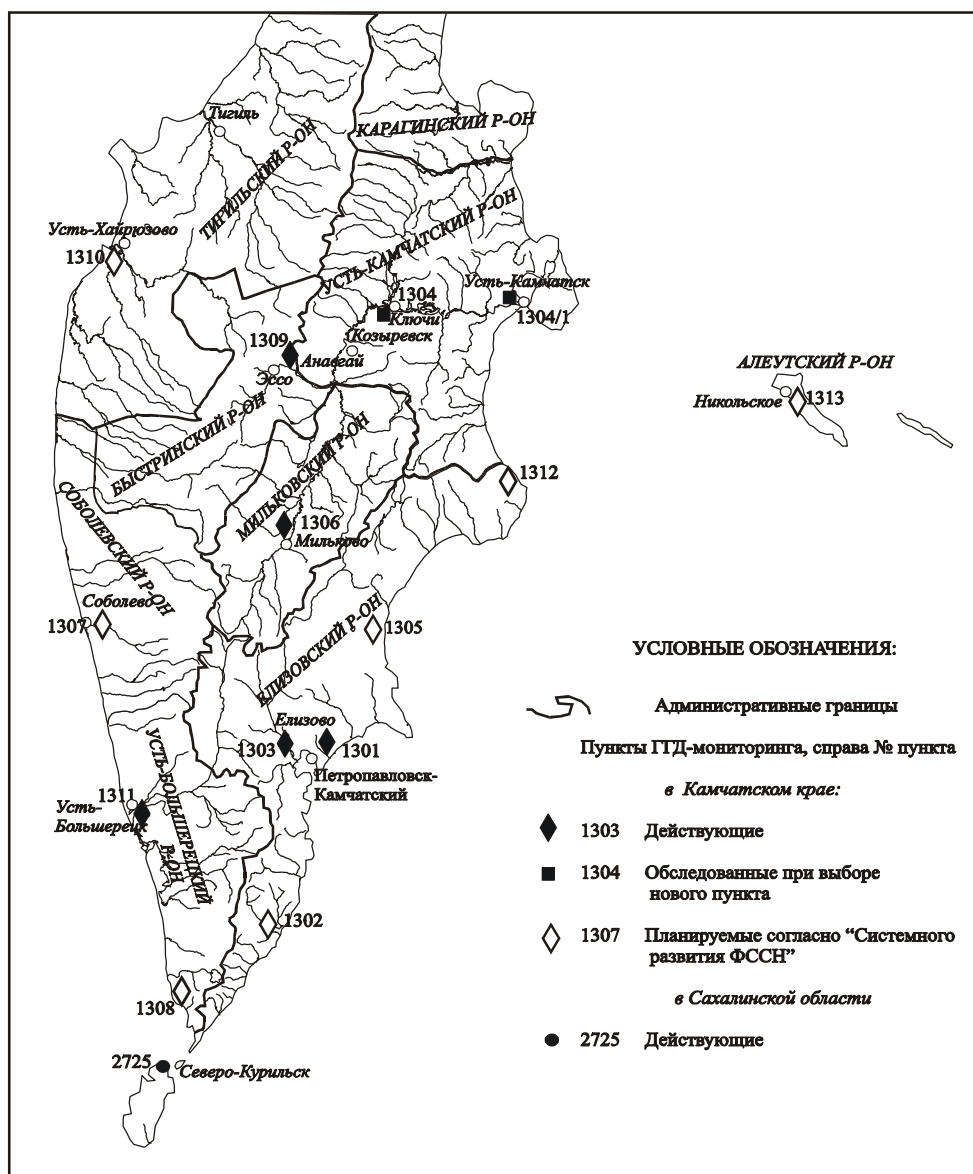


Рис. 1. Схема размещения пунктов ГГД-мониторинга

Структурно-геологическая характеристика района работ

Наблюдательные пункты слежения за изменением гидрогеодеформационного поля размещены в разных по геодинамической характеристике блоках региона.

Пункты наблюдения 1301 и 1303, включенные в наблюдательную сеть, приурочены к Петропавловско-Малкинской зоне (Авачинскому региональному разлому, отделяющему вулканогенно-осадочные метаморфизованные образования верхнего мела Восточно-Камчатской складчатой зоны от палеоген-неогеновых вулканогенных образований Южной Камчатки).

Пункт наблюдения 1306 расположен в северной части узкой протяженной отрицательной Быстринско-Мильковской аномалии, выраженной на дневной поверхности одноименным грабеном. Территория ограничена с севера и юга транскамчатскими широтными разломами (Облуковинский и Унанский).

Пункт наблюдения 1309 находится в зоне сочленения вулканотектонических структур Центрально-Камчатского вулканического пояса. Его образования занимают значительную территорию и в региональном плане отвечают минимуму силы тяжести, создавшемуся за счет процесса метаморфизма. В целом, для вулканических поясов характерна мозаичная рисовка поля, представленная множеством локальных аномалий изометричной и неправильной формы. Отрицательные поля соответствуют поясам со сложным внутренним строением, а положительные аномалии отвечают, как правило, выходам на дневную поверхность наиболее древних комплексов отложений и частично, интрузий миоценовых гранитоидов. В поле силы тяжести довольно четко отражаются и некоторые кольцевые вулканотектонические структуры.

Пункт наблюдения 1311 находится в пределах Большещерецкой плиты Охотской неоплатформы. На территории отмечен ряд локальных разрывов различного простираения. Транскамчатский широтный Карымайский разлом, установленный при гравиметрической съемке, проходит в 20 км севернее скважины. По геологическим данным вдоль борта долины реки Большая проходит разлом, явно выраженный и на дневной поверхности.

Гидрогеологическая характеристика района работ

Наиболее чувствительным компонентом геологической среды, реагирующим на физико-химические изменения, происходящие в массивах горных пород, является её водная составляющая. Оставаясь «по существу несжимаемой субстанцией, подземные воды воспринимают всевозможные стрессы, которые испытывают горные породы, и поэтому представляют собой высокочувствительное «рабочее тело», дающее возможность отслеживать быстротекущие эволюции смены состояния обширных геологических толщ» [3], в том числе и процессы эволюции напряженно-деформированного состояния земной коры. Выявленные закономерности функционирования гидрогеодеформационного поля Земли позволяют использовать информацию уровня режима при решении задач краткосрочного сейсмопрогноза.

При этом необходимым условием информативности объектов наблюдательной сети является:

- приуроченность их к зонам крупных молодых или обновленных разломов, представляющих собой относительно хорошо проницаемые участки земной коры;
- относительно легкий выход из состояния квазистационарного равновесия под воздействием сеймотектонических процессов;
- минимальное влияние внешних факторов на изучаемые водоносные системы (атмосферные осадки, колебания температуры и т.д.);
- слабая минерализация вод наблюдаемых водоносных горизонтов и комплексов.

В гидрогеологическом отношении исходным условиям в регионе отвечают структуры артезианских бассейнов различного типа, в пределах которых были выбраны пункты наблюдения.

ПН 1301 (Радыгино) и 1303 (Пограничный) находятся в юго-восточной части Авачинского артезианского бассейна II-го порядка [5], выделенного в структуре Петропавловского горста, который является составной частью протяженной структуры горст-антиклинорий Восточных хребтов Восточно-Камчатской складчатой зоны. Первая скважина вскрыла напорные воды неогеновых вулканогенно-осадочных глинистых отложений, представленных сцементированным алевропесчаником с прослоями мелкозернистого песчаника. Химический состав воды – хлор-натриевый, с минерализацией 11 мг/л. Вторая - вскрыла также напорные воды верхнемиоцено-плиоценовых вулканогенных образований, представленных андезитами, туфами, туфобрекчиями и туфоалевролитами. Отложения характеризуются трещино-пластовым типом циркуляции

подземных вод. По химическому составу воды гидрокарбонатно-сульфатные, натриево-кальциевые, с минерализацией 0.67 г/дм³. Питание комплекса осуществляется за счет атмосферных осадков, перетока из вышележащих водоносных горизонтов.

ПН 1306 (Мильково) расположен в центральной части межгорного Центрально-Камчатского артезианского бассейна, приуроченного к межгорной тектонической депрессии, отделяющей Восточно-Камчатскую и Западно-Камчатскую складчатые области. Центральная часть ее дренируется рекой Камчатка, а южная – рекой Быстрая. Скважиной вскрыты напорные воды верхнечетвертичных водно-ледниковых отложений, представленных гравийно-галечным материалом с песчано-суглинистым заполнителем. По химическому составу воды гидрокарбонатные, кальциево-магниевого с минерализацией 0.147 г/дм³.

ПН 1309 (Анавгай) находится на Анавгайском месторождении термальных вод, приуроченного к Быстринскому межгорному артезианскому бассейну. Непосредственно местоположение скважины приурочено к стыку узких грабен долин рек Быстрая и Анавгай. В пределах месторождения развиты воды двух типов: пресные холодные грунтовые и слабominерализованные напорные термальные. Скважина вскрыла напорные воды верхнемиоцено-плиоценовых вулканогенных образований, представленных слаботрешиноватыми туфами смешанного состава, в нижней части разреза с прослоями туфопесчаников мощностью до 13 м. По химическому составу воды гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные, кальциево-натриевые с минерализацией 1.5 г/дм³ и рН = 6.7.

ПН 1311 (Мыс Левашова, Усть-Большерецк) находится в пределах Охотского артезианского бассейна платформенного типа [4]. Бассейн приурочен к восточной окраине Охотской эпимезозойской платформы, основная часть которой расположена на территории Охотского моря. Складчатый фундамент платформы, представленный палеозой-мезозойскими образованиями, выведен на поверхность к востоку от артезианского бассейна в Срединном выступе. Поверхность фундамента непосредственно на площади бассейна значительно сглажена и перекрывающий его сравнительно маломощный чехол (500-1 500 м) кайнозойских отложений залегает почти горизонтально, со слабым наклоном в сторону моря. Скважина вскрыла напорные воды верхнечетвертичных водно-ледниковых отложений, представленных галечно-гравийным материалом со среднезернистым песчаным заполнителем и редкими включениями валунов, с глубины 65 метров – мелкозернистым песком зеленоватого цвета. Отложения обладают высокой проницаемостью, обеспечивают интенсивный грунтовый сток и обильное питание нижележащих водоносных систем, характеризуются порово-пластовым типом циркуляции подземных вод. Подземные воды имеют тесную связь с атмосферными факторами, в том числе морскими приливно-отливными явлениями. По химическому составу воды гидрокарбонатно-хлоридные, магниевые-кальциевые, с минерализацией до 187 мг/л.

Апробация системы R-STERS (краткосрочный прогноз разрушительных сейсмических событий)

На данном этапе исследований ОАО «Камчатгеология» ведет создание базы данных, накопление статистического материала и его обработку.

Методика обработки данных, полученных в результате наблюдений на скважинах, в Камчатском региональном центре сводится к построению карт-схем состояния ГГД-поля и графиков изменения уровня подземных вод, атмосферного давления и температуры воды.

Карты-схемы состояния ГГД-поля, позволяющие контролировать характер и темпы эволюции короткоживущих структур деформации, строятся в изолиниях параметра напряженности. «Несмотря на то, что исходные данные по формальным показателям являются собственно гидрогеологическими (например, уровень подземных вод), сущность величин, получаемых в результате последующих вычислений, приобретает геомеханическую или, более точно, геофизическую природу» [3]. Значения относительных деформаций, отражающих направленность (растяжение-сжатие) и интенсивность напряженно-деформационных процессов (градации в условных единицах с различным шагом) рассчитываются по формуле:

$$e = b/(b+(H_p - H_t))$$

где e – значение относительной деформации (параметр напряженности); b – база (поправочный коэффициент), равная 10 (значение согласовано с Главным информационно-прогностическим центром обработки); H_p – реперное значение УПВ в скважине на момент начала функционирования всех скважин сети, в метрах; H_t – текущее значение УПВ в данной скважине, в метрах.

В период камеральной обработки производится расчет значений относительных деформаций (параметр напряженности) на каждый день на 09 часов по Гринвичу и построение карт на это время. Создание карт производится с помощью программы Surfer 7.0 for Windows, позволяющей на основе нерегулярной сетки скважин строить карты в изолиниях с переходящими зонами по степени интенсивности. Максимальные и минимальные значения ϵ и шаг изолиний для карт на разные даты времени остаются неизменными.

Набор карт-схем ГГД-поле на любой период времени, и их анализ позволяет контролировать характер и темпы эволюции короткоживущих структур деформации [3]. В асейсмические периоды ГГД-поле отличается хаотичным, быстроменяющимся рисунком, а перед сильным землетрясением формируются устойчивые во времени и пространстве структуры сжатия и растяжения (рис. 2).

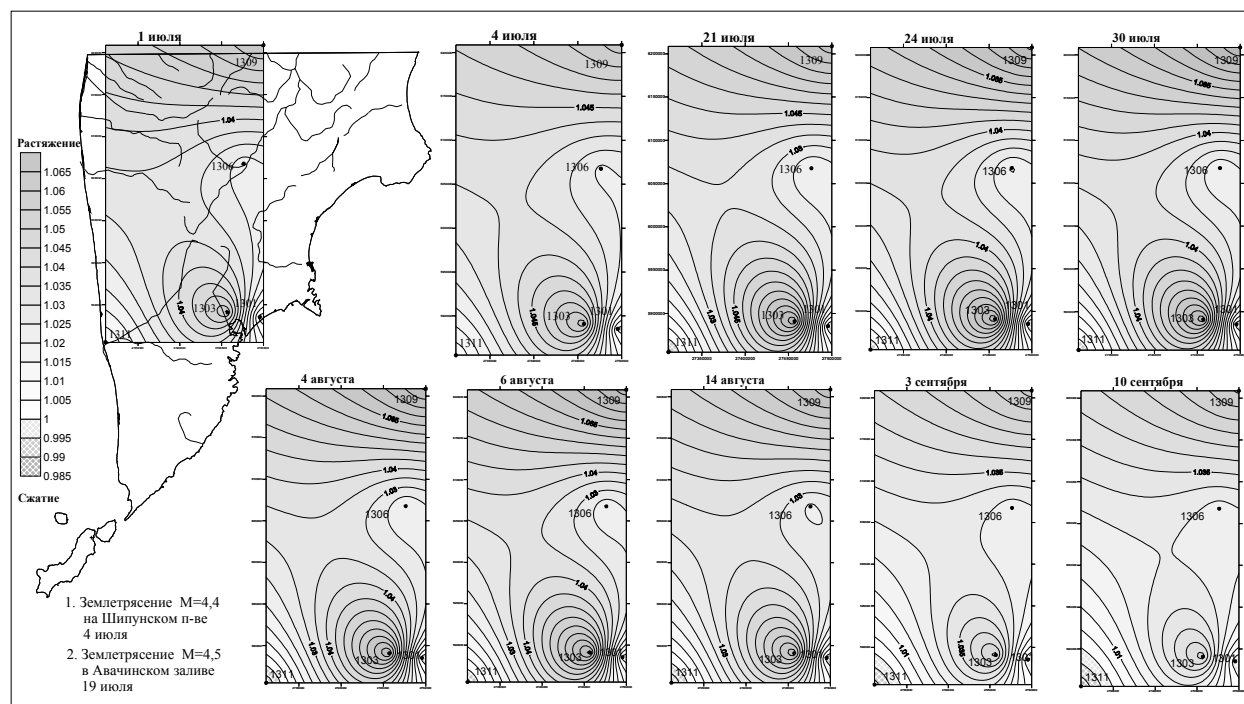


Рис. 2. Гидрогеодеформационное поле в 3-ем квартале 2007 года на территории Камчатского полуострова

Графики изменения уровня подземных вод, атмосферного давления и температуры воды. На стадиях подготовки землетрясений могут проявляться различные нестандартные вариации тренда уровня, которые в ходе работ по данной теме, отнесены к аномалиям:

- синхронный ход кривых уровня подземных вод (УПВ) и атмосферного давления (рис. 3),
- аномальный подъем и спад УПВ с относительно большой амплитудой («бухты»),
- ступенчатое понижение уровня воды.

Исследования показали, что заметные вариации происходят от 10-15 дней до нескольких часов до момента сильного сейсмического события. Поэтому анализ тренда уровня воды с целью выявления эффектов изменения напряженно деформированного состояния среды направлен на выделение интервалов времени его нестабильного поведения.

Система наблюдений рассчитана на выявление эффектов только от сильных землетрясений (с магнитудой более 5-6), но на графиках отмечаются и изменения уровня, связанные с землетрясениями, магнитуда которых составила 4-5, при этом период активизации сейсмичности характеризуется понижением уровня подземных вод. Ход кривых перед моментом землетрясения или сейсмической активности отражается на графиках гидрогеологических параметров ГГД-поля в виде аномальных подъемов уровня.

Заключение

Пополнение базы данных и обработка материалов наблюдений для решения задач по прогнозированию сейсмической обстановки в краткосрочном режиме должны быть продолжены.

Анализ мониторинга гидрогеодеформационного поля за период с 2001 года по настоящее время показывает необходимость ведения мониторинга в Камчатском крае, одном из наиболее

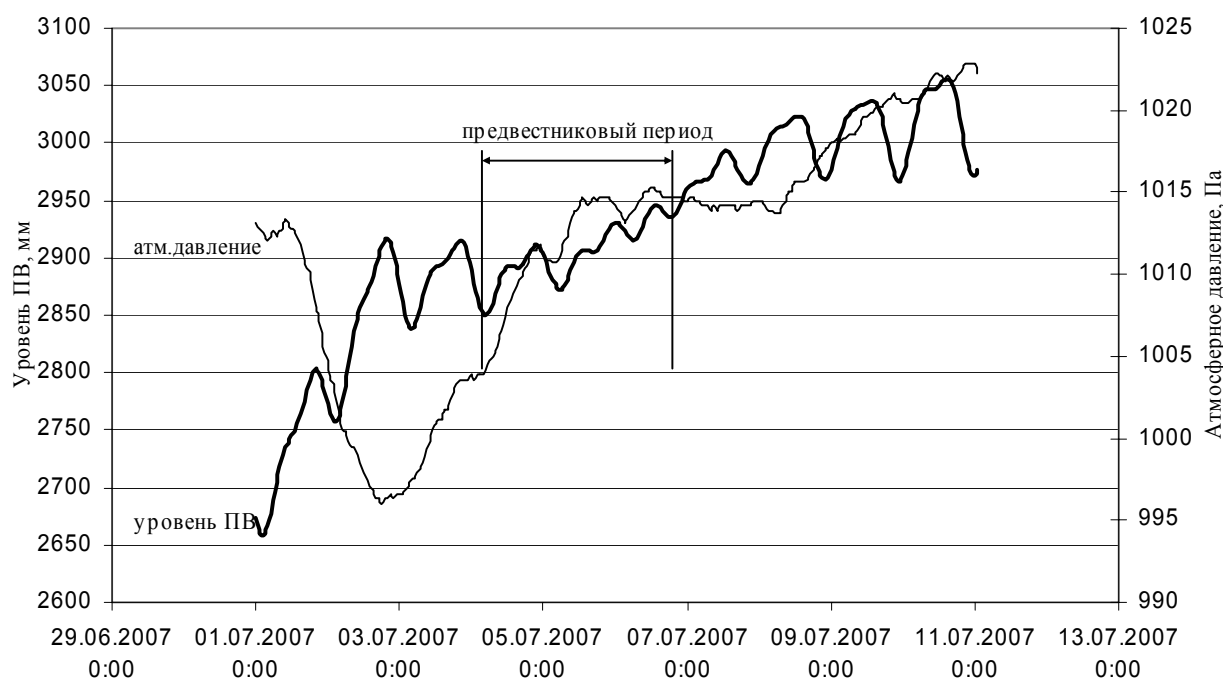


Рис. 3. Синхронный ход кривых уровня воды и атмосферного давления на ПН 1303 в июле 2007 года перед землетрясением 19 июля с $M = 4.5$ в Авачинском заливе

сейсмоопасных регионов России. Существующая наблюдательная сеть является составной частью действующей наблюдательной сети Тихоокеанского региона России. Но надо отметить, что она не охватывает северную часть Камчатского полуострова, где 21 апреля 2006 г. произошло землетрясение с $M = 7.8$, разрушившее жилые здания и сооружения инфраструктуры нескольких поселков. В дальнейшем, необходимо расширить наблюдательную сеть до $61^{\circ}50'$ с.ш. (п.п. Корф, Хаилино, Тилички) - $62^{\circ}50'$ с.ш. (п.п. Каменское, Таловка).

Данными работами подтверждена перспективность гидродинамического метода, основанного на эффекте «Вартаняна – Куликова», для целей средне- и краткосрочного прогноза землетрясений [1, 2]. Результаты режимных наблюдений указывают на то, что микродинамика подземных вод на фоне сезонных колебаний уровня, тесно связана с тектоническими деформациями, возникающими при подготовке землетрясений.

Для исключения «пропуска цели», необходима наработка статистических данных о гидродинамических предвестниках землетрясений (базы данных) и методически более углублённая обработка первичной информации в региональных центрах, а также модернизация системы наблюдения (в данном случае внедрение телеметрии на всех пунктах наблюдения).

Список литературы

1. Вартанян Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли // Докл. АН СССР. 1982. Т. 262. №2. С.310-314.
2. Вартанян Г.С. и др. Гидрогеологические методы исследований тектонических напряжений // Советская геология. 1991. №9. С.3-12.
3. Методические указания по ведению гидрогеодеформационного мониторинга для целей сейсмопрогноза (система R-STEPS). М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000. 77 с.
4. Павлова Л.Е., Рябко Т.А. Типы гидрогеологических структур вулканических районов Камчатской области // Отчет Авачинской тематической партии 1986 г. Фонды ФГУ «ТФИ», г. Петропавловск-Камчатский. С. 11-191.
5. Павлова Л.Е., Ефремова Л.А., Котельникова Т.К. Гидрогеологическое районирование территории Камчатской области // Отчет Авачинской тематической партии 1984 г. Фонды ФГУ «ТФИ», г. Петропавловск-Камчатский. С. 268-279.