

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ, ПРОВОДЯЩИХСЯ С ЦЕЛЬЮ ИЗУЧЕНИЯ РЕАКЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОДНО-ГАЗОВЫХ СИСТЕМ НА ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Хаткевич Ю.М., Кузьмин Ю.Д., Рябинин Г.В.

*Камчатский филиал Учреждения Российской академии наук Геофизической службы РАН,
г. Петропавловск-Камчатский; e-mail: khat@emsd.iks.ru, kuzy@emsd.iks.ru,
gena@emsd.iks.ru*

Целенаправленные систематические наблюдения за режимом подземных вод на Камчатке в связи с поиском гидрогеологических предвестников землетрясений были начаты в 1977 г. Лабораторией гидрогеологии и геотермии Института вулканологии ДВНЦ АН СССР под руководством В.М. Сугрובה. В 1979 г. наблюдения были переданы Камчатской опытно-методической сейсмологической партии ИВ ДВО АН СССР (в настоящее время – Камчатский филиал Геофизической службы РАН), где и проводятся в настоящее время Лабораторией гидросейсмологии под руководством Ю.М. Хаткевича. В самом начале исследований режимная сеть состояла из нескольких слаботермальных источников (Пиначевские источники) и расположенной неподалеку скважины ГК-1. Постановка исследований именно в этом районе обязана тому факту, что в 1971 г. сотрудникам режимной гидрогеологической партии ПГО «Камчатгеология» удалось обнаружить очень мощную постсейсмическую реакцию расхода источников на сильное Камчатское землетрясение 24.11.1971 ($M_{LH} = 7.2$, $\Delta = 100$ км). Столь высокая чувствительность источников к сейсмическим событиям вселила надежду на столь же высокую их чувствительность и к процессам подготовки землетрясений. В настоящий момент режимная сеть включает в себя четыре гидрогеологические станции и три пункта газодинамических наблюдений (рисунок).

Характеристика сети гидрогеологических станций и методики наблюдений

Станция «Пиначево» расположена в среднем течении р. Пиначевой, примерно в 35 км к северу от г. Петропавловска-Камчатского. Станция включает в себя 5 наблюдательных водопунктов (четыре слаботермальных источника и одну скважину ГК-1, глубиной 1261 м). Непрерывные наблюдения на скважине и источниках были начаты в 1977 г.

Станция «Морозная» расположена на правом берегу р. Половинки, в 6 км от г. Елизово, недалеко от горнолыжной базы «Гора Морозная». Наблюдения на станции проводятся с 1986 г., в настоящий момент, на скважине №1 глубиной 600 м.

Станция «Хлебозавод» расположена в центре г. Петропавловска – Камчатского и состоит из одной скважины Г-1 глубиной 2542 м. Непрерывные наблюдения на скважине были начаты в 1988 г.

Станция «Верхняя Паратунка» расположена в 14 км к юго-западу от пос. Термальный и в 40 км к западу от г. Петропавловска – Камчатского, в долине р. Карымшина, в пределах Верхнее Паратунского месторождения термальных вод. В настоящий момент станция включает в себя четыре самоизливающихся скважины: ГК-5 (глубина 900 м), №44 (650 м), ГК-15 (1208 м) и ГК-17 (1196 м). Скважины ГК-5, №44 и ГК-15 включены в режимную сеть в 1988 г., а скважина ГК-17 – в 2001 г.

Наблюдения за режимом подземных вод осуществляются с периодичностью 1 раз в 3 суток для станций Пиначево, Морозная, Хлебозавод и 1 раз в 6 дней для скважин, расположенных на станции Верхняя Паратунка. Режимные наблюдения включают в себя измерения величин атмосферного давления и температуры воздуха, измерения расходов и температур воды скважин и источников, отбор проб воды и газа для последующего их анализа в лабораторных условиях. В пробах воды определяются рН (отрицательный

логарифм концентрации ионов водорода (H^+), концентрации ионов хлора (Cl^-), гидрокарбоната (HCO_3^-), сульфата (SO_4^{2-}), натрия (Na^+), калия (K^+), кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}), концентрации борной (H_3BO_3) и кремневой (H_4SiO_4) кислот. В пробах газа определяются метан (CH_4), азот (N_2), кислород (O_2), углекислый газ (CO_2), аргон (Ar), гелий (He), водород (H_2), углеводородные газы: этан (C_2H_6), этилен (C_2H_4), пропан (C_3H_8), пропилен (C_3H_6), бутан (C_4H_{10n}) и изобутан (C_4H_{10i}).

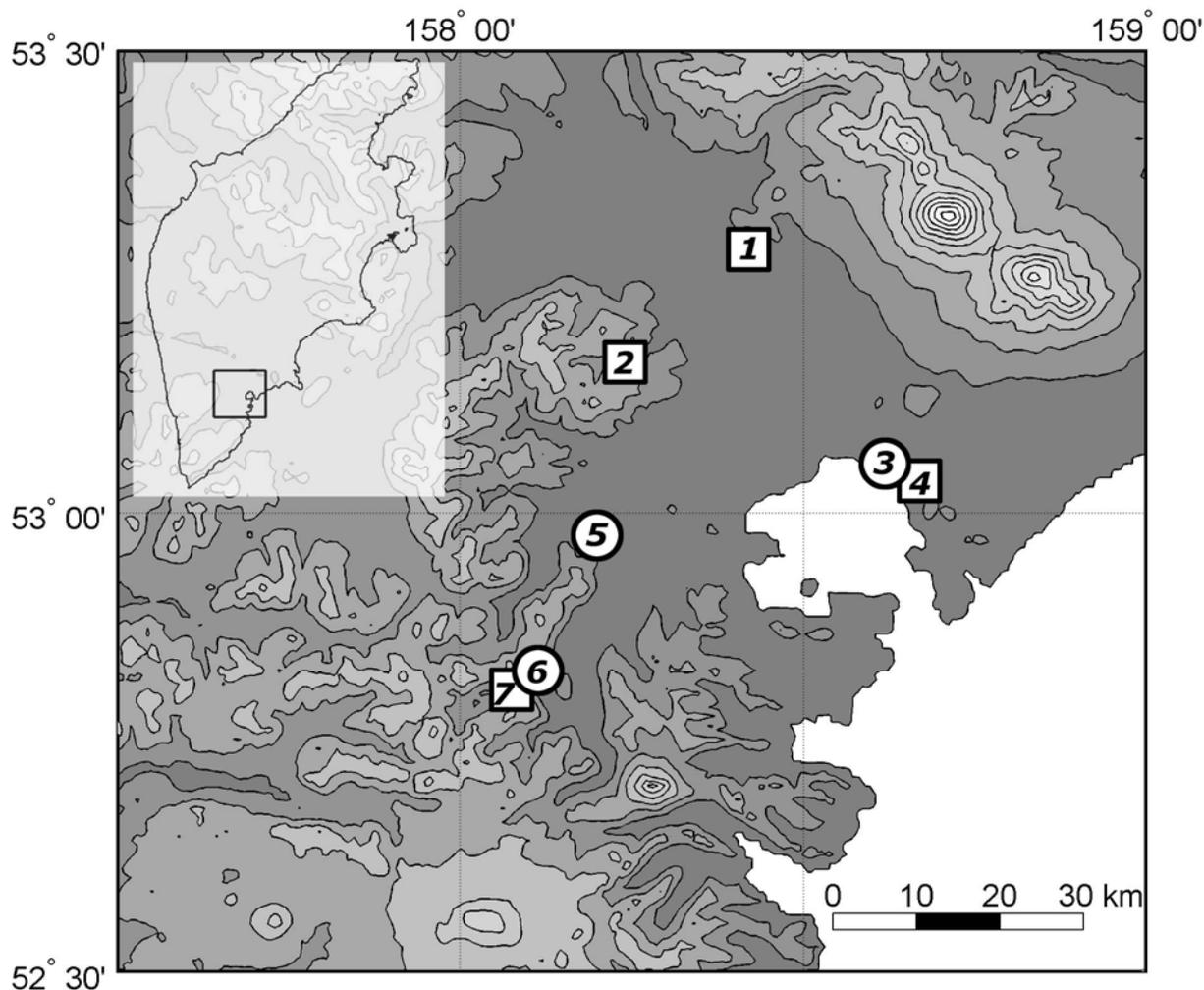


Схема расположения гидрогеологических станций (квадратики) и пунктов газодинамических наблюдений (кружки): 1 – станция «Пиначево», 2 – станция «Морозная», 3 – пункт «Петропавловск», 4 – станция «Хлебозавод», 5 – пункт «Микижа», 6 – пункт «Карымшина», 7 – станция «Верхняя Паратунка». В левом верхнем углу на врезке показано местоположение района исследований.

Дебит источников и самоизливающихся скважин определяется объёмным способом с использованием емкостей размером от 2 до 20 л в зависимости от расхода воды. Атмосферное давление фиксируется с помощью барографов М-22Н и показывающих барометров-анероидов (с 2008 г. – цифровой метеостанцией Skywatch GEOS №11). Температура воды и воздуха измеряется ртутными и электронными термометрами. Химический состав воды и газа определяется в лабораторных условиях на базе Центральной химической лаборатории Института вулканологии ДВО РАН.

pH водных пробах определяется потенциометрическим методом с использованием универсального иономера ЭВ-74. Концентрации ионов Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} определяются объёмными титриметрическими методами. Концентрации катионов Na^+ , K^+ - пламенно-фотометрическим методом на пламенном фотометре FLAPHO-4. Ион HCO_3^- - методом потенциометрического титрования на иономере ЭВ-74. Содержание в пробе борной

кислоты H_3BO_3 определяется методом объемного рН-метрического титрования на иономере ЭВ-74. Определение содержания кремниевой кислоты H_4SiO_4 производится калориметрическим методом с использованием фотокалориметра КФК – 3. Определение содержаний растворенных в воде газов осуществляется газохроматографическим методом на газовых хроматографах ЛХМ-8МД и Газохром 3101 с использованием термовакuumного способа дегазации пробы.

Результаты режимных наблюдений и химических анализов проб воды и газа заносятся в базу данных для последующей их обработки.

Характеристика сети газодинамических пунктов и методики наблюдений

Сеть газодинамических наблюдений включает в себя три пункта.

Пункт «Карымшина» расположен на территории одноименного пункта комплексных наблюдений КФ ГС РАН, находящегося в нижнем течении р. Карымшина, в пределах Верхнепаратунского месторождения термальных вод. Комплекс наблюдений включает в себя: измерения содержаний почвенного водорода (H_2) радона (Rn) и торона (Tn) в скважине глубиной 4 м; измерения содержаний водорода, радона и торона, растворенных в термальной воде, поступающей из скважины К-88 глубиной 815 м; измерения величины теллурического потенциала между центральным свинцовым электродом и обсадными трубами недалеко расположенных скважин; измерения интенсивности потока тепловых нейтронов в приземном слое атмосферы (имп./мин); измерения термодинамических параметров (температуры и давления) потока термальной воды, изливающейся из скважины К-88. Наблюдения за изменениями величин почвенного и растворенного в потоке термальной воды водорода проводятся с помощью анализатора водорода, разработанного В.М. Лупатовым (ГЕОХИ). Измерения содержаний почвенного и растворенного в потоке термальной воды радона и торона проводятся с помощью автоматизированных радиометров РРА-03, серийно выпускаемых МТМ «Защита» МИФИ. Измерения межскважинных теллурических потенциалов осуществляются с помощью логгера «ДАТАМАРК». Измерения интенсивности потока тепловых нейтронов проводятся с помощью нейтронного детектора «Дон-2» разработки НИИЯФ МГУ. Данные по содержанию почвенного и растворенного водорода, теллурического потенциала, интенсивности потока нейтронов передаются в г. Петропавловск-Камчатский по радиотелеметрическому каналу с интервалом в 1 минуту. Данные по содержанию радона и торона записываются на твердотельную память радиометров с интервалом в 30 минут. Непрерывные наблюдения на пункте Карымшина начаты в 2002 г.

Пункт «Микижа» расположен в 26 км к западу от г. Петропавловска-Камчатского. Экспериментальные работы по изучению взаимосвязи между геоакустической эмиссией, атмосферным электрическим полем, содержанием радона и водорода в почвенном и приземном слое воздуха проводятся КФ ГС РАН совместно с ИКИР ДВО РАН. Комплекс наблюдений включает в себя: измерения содержаний почвенного водорода в закрытом шурфе глубиной 2 м; измерения содержаний приземного радона и торона в измерительной камере автоматизированного радиометра, расположенного на высоте 1.5 м от поверхности земли; измерения температуры, влажности и давления воздушной пробы в климатической камере радиометра. Измерения содержаний водорода проводятся с помощью анализатора, аналогичного анализатору водорода на ПКН «Карымшина». Измерения радона, торона и климатических параметров анализируемой воздушной пробы на данном пункте осуществляются с помощью серийно выпускаемого радиометра РРА-03-01. (МТМ «Защита» МИФИ). Результаты измерений записываются на твердотельную память радиометра. Непрерывные наблюдения на данном пункте начаты в 2006 г.

Пункт «Петропавловск» находится в г. Петропавловске – Камчатском, недалеко от здания Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН в подвальном помещении. На данном пункте, в настоящее время, проводятся измерения радона, торона и климатических

параметров воздушной пробы на глубине 3 м. Измерения проводятся с помощью автоматизированной сейсморадоновой станции (СРС-1) разработки МТМ «Защита» МИФИ. Непрерывные наблюдения на пункте «Петропавловск» начаты в 2006 г.

С момента начала исследований накоплен уникальный фактический материал по наблюдению за целым комплексом гидро-газохимических показателей. Получены надежные данные о реакции подземных водно-газовых систем на процессы подготовки и реализации сильных землетрясений Камчатки. Обнаружены эффекты синхронного поведения измеряемых показателей в пространственно разнесенных пунктах. Данные гидро-газохимических наблюдений используются для оперативной оценки сейсмической опасности для г. Петропавловска-Камчатского и его окрестностей.