

Гарифулин В.А., Кленцер П.Г., Потемка Э.П. (ФГУП «ВСЕГИНГЕО»)

**ОЦЕНКА СЕЙСМОГЕОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕДР ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГАЗОГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ВЕРХНЕ-КУБАНСКОМ ПОЛИГОНЕ**

*Изложены результаты многолетних наблюдений, проведенных на Верхне-Кубанском полигоне ФГУП «ВСЕГИНГЕО», за концентрацией гелия и радона в воде. Приведены статистические характеристики сейсмической активности территории, прилегающей к полигону. Показана взаимосвязь некоторых статистических параметров, полученных при обработке временных рядов концентраций гелия и радона, с проявлениями сейсмической активности. **Ключевые слова:** Верхне-Кубанский полигон, Сочинский полигон, сейсмическая активность, концентрация гелия в воде, концентрация радона в воде, газогидрогеохимический мониторинг.*

Garifulin V.A., Klentser P.G., Potemka E.P. (VSEGINGEO)

ASSESSMENT OF THE SUBSURFACE SEISMOGEODYNAMIC STATE ACCORDING TO RESULTS OF THE GAS-HYDROGEOCHEMICAL MONITORING AT UPPER-KUBAN POLYGON

*The paper presents the results of multi-year observations, fulfilled at the Upper-Kuban Polygon (testing site) of FGUP "VSEGINGEO", over the concentration of Helium and Radon in water and comparison of the obtained results with seismicity of the given territory. The analysis includes daily measurements of gases concentrations in the spring Dzherkli and the observation well VK-9 for the period from 2010 to 2015. There are given the statistic characteristics of seismic activity of the territory adjacent to the polygon. During the study period the seismogeodynamic situation of the territory was varying within the background values. An interconnection of some statistic parameters, obtained by treatment of the temporal rows of the Helium and Radon concentrations, with manifestations of seismic activity is shown. **Key words:** Upper-Kuban Polygon, Sochi Polygon, seismic activity, concentration of Helium in water, concentration of Radon in water, gas-hydrogeochemical monitoring.*

В исследованиях, связанных с поисками предвестников землетрясений, одними из весьма популярных методов является мониторинг содержания газов (гелия и радона), растворенных в воде подземных источников. Принято считать, что изменение содержания в воде этих газов дает информацию об изменении сейсмогеодинамической обстановки на некоторой территории или, по крайней мере, об изменении физических свойств горных пород в точке наблюдения. Причем выявленные аномалии в поведении содержания газов в воде привязываются к состоявшимся землетрясениям, т.е. пытаются использовать эти аномалии в качестве «предвестника» землетрясения. Но, несмотря на немалый опыт многолетних наблюдений за содержанием газов в воде, пока не удастся однозначно соотнести газогидрогеохимические аномалии с сейсмическими событиями. Совпадения и пропуски цели чередуются без видимых закономерностей.

ставить послойно, скорость загрузки увеличивается до 15 с. Однако такое время загрузки также следует считать неудовлетворительным для пользователя. Длительная обработка svg-кода в файлах, созданных в результате экспорта из Arc GIS, объясняется тем, что внешний вид каждого объекта прописывается отдельно.

Стоит уточнить, что приведенный вариант публикации не рассматривается как максимально оптимизированное решение поставленной задачи. Он лишь является примером того, как можно осуществить интерактивную публикацию в Интернете с минимальными затратами ресурсов и труда и при этом не ограничиваться публикацией простых растровых изображений.

Как было показано, можно выгрузить весь картографический и табличный материал из ГИС-проекта в проект для веб-публикации в интерактивном режиме. Элементы интерфейса позволяют производить определенные манипуляции с объектами на карте, редактировать информацию по ним. Возникает вопрос, возможно ли экспортировать отредактированный материал обратно в ГИС-проект. Относительно точечных объектов совместимость с ГИС-картой не вызывает проблем. Осуществляется она следующим образом — на основе файла со списком объектов по слою формируется табличный файл csv, который добавляется в ГИС-проект как событие x, y.

Однако чтобы наладить полную совместимость опубликованных файлов с гис-проектом понадобится создание среды, которая могла бы формировать share-файлы и сопутствующие им системные файлы.

Исходя из изложенного материала можно заключить, что в настоящее время имеется множество способов публикаций карт в сети для различных целей, начиная от ознакомительной публикации и до создания полноценной рабочей среды с многопользовательским редактированием. Одни из них требуют существенных затрат на создание серверной части и подготовку клиентской, для работы других достаточно FTP-сервера с поддержкой PHP и браузера.

В настоящее время институтом ВСЕГИНГЕО продолжают работы по созданию клиент-серверной среды для представления гидрогеологических и инженерно-геологических карт в интерактивном режиме в сети Интернет. Планируется опубликовать серию гидрогеологических карт масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000 на сайте ВСЕГИНГЕО и предоставить к ним открытый доступ. Дальнейшее развитие данного продукта будет осуществляться в направлении взаимодействия картографического материала и единой базы данных по гидрогеологии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зейлер М. Моделирование нашего мира. Руководство ESPRI по проектированию базы геоданных. — New-York: ESPRI-PRESS, 1999.
2. Интерактивная карта. Определение. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/641413>
3. Создание гидрогеологических карт с применением компьютерных технологий (методические материалы) / Сост.: В.В. Куренной, М.С. Голицын, Ю.Э. Тихоненков и др. — М.: МПР РФ, 2001.

© Барон В.А., Гришин Е.С., 2015

Барон Владимир Александрович // [zgerka@rambler.ru](mailto:zgerka@rambler.ru)  
Гришин Евгений Сергеевич // [bibliosof-info@yandex.ru](mailto:bibliosof-info@yandex.ru)

На наш взгляд, при крайне низкой плотности точек наблюдения едва ли возможно уловить закономерности в процессах подготовки землетрясений, охватывающих огромные регионы, а иногда имеющих и глобальное распространение.

Более продуктивной представляется методика, направленная на оценку степени сейсмогеодинамической активности региона вокруг пунктов наблюдений, как это, например, представлено в работе [4], где приведены результаты сопоставления изменений концентраций радона в зависимости от расстояний до эпицентра сейсмического события, полученные по данным мониторинга содержания этого газа в подземных водах Калифорнии за период 1977–1984 гг. Автор указывает на статистическую связь между перечисленными выше параметрами и делается вывод о наличии трех динамических зон, в которых поведение радона резко различаются.

Исходя из представлений о различном механизме взаимодействия гелия и радона с водой и горной породой в условиях изменяющегося напряженно-деформированного состояния геологической среды, нами также предпринята попытка оценить связь изменения концентраций растворенных в воде газов с сейсмической активностью территории, прилегающей к точке наблюдений. Для анализа взаимосвязи использовались данные мониторинга содержания растворенного в воде гелия и радона на Верхне-Кубанском полигоне ФГУП «ВСЕГИНГЕО» за 2010–2014 гг.

Физические свойства гелия и радона достаточно различны, несмотря на то что они принадлежат к одной группе. Размер молекул гелия примерно вдвое меньше размера молекул радона ( $0,21 \cdot 10^{-10}$  и  $0,122 \cdot 10^{-10}$  м соответственно), растворимость их в воде при температуре  $0^\circ\text{C}$  составляет 50 и 10 мл/л. Время жизни радона (период его полураспада) составляет 3,6 сут, в то время как гелий — долгоживущий элемент. Различие физических свойств определяет и различия в условиях и формах накопления и переноса. Молекулы гелия за счет малых размеров обладают свойствами диффузии через кристаллические решетки минералов горных пород, в то время как радон накапливается на стенках пор и трещин горных пород, и для его растворения в поровой жидкости необходимо воздействие дополнительного внешнего источника энергии. «Под воздействием упругих колебаний, возникающих в

процессе деформации горных пород при очаговой области в системе «порода-вода», равновесие между адсорбированными и растворенными газами смещается в сторону растворенных, вызывая повышение концентрации радона в подземных водах» [3]. Распространение упругих колебаний в горных породах происходит не только за счет направленных движений отдельных частиц породы, но и за счет деформаций кристаллической решетки минералов, слагающих породу. Можно предположить, что деформация кристаллической решетки ведет к изменению расстояний между ее узлами, что, в свою очередь, приводит к изменению скорости движения и объема гелия, способного проникнуть за счет процессов диффузии сквозь горную породу, поднимаясь из глубин Земли к ее поверхности (расстояние между атомами кристаллической решетки минералов горных пород составляет  $n \cdot 10^{-10}$  м, где  $n = 1 \div 5$ ; для примера: алмаз —  $1,54 \cdot 10^{-10}$  м, графит —  $3,35 \cdot 10^{-10}$  м).

Результатом мониторинга содержания гелия и радона в подземных водах являются временные ряды наблюдений случайных величин (концентраций природных газов, растворенных в воде). Сопоставление этих рядов с временными рядами сейсмических событий — основной метод поиска взаимосвязи между ними.

Верхне-Кубанский полигон, на котором проводились наблюдения, расположен в зоне сочленения основных тектонических структур Большого Кавказа. На рис. 1 показано его положение в поле сейсмических

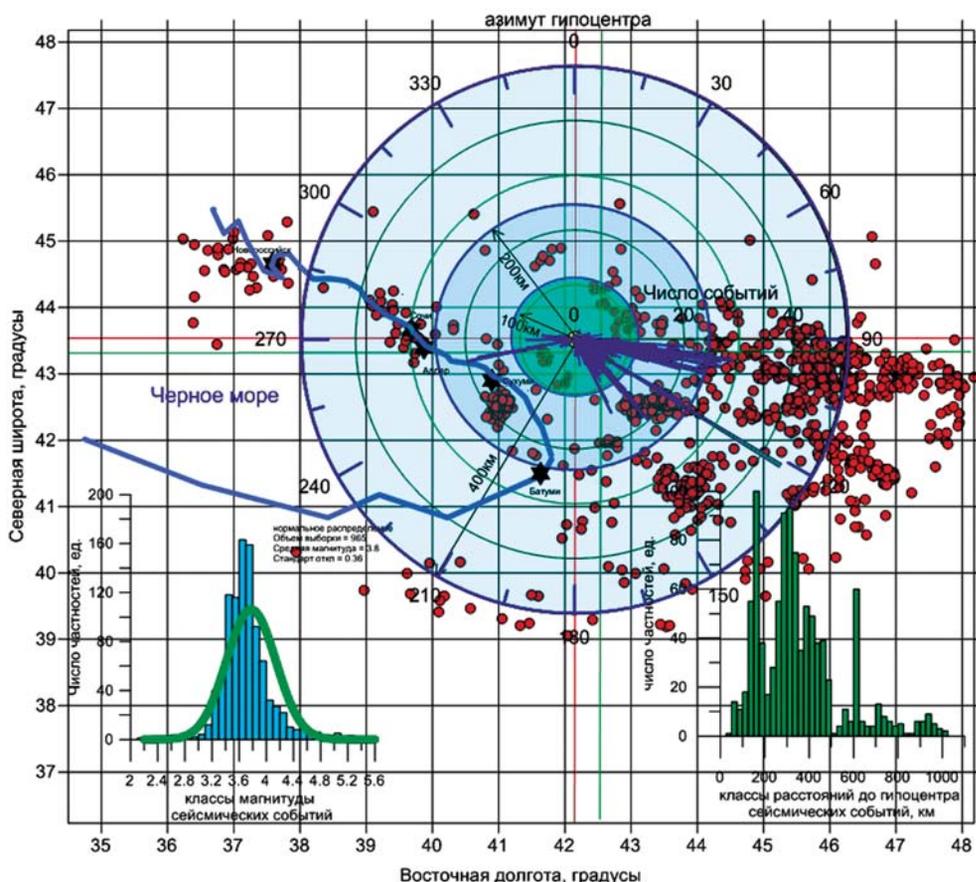


Рис. 1. Расположение и основные статистические характеристики сейсмических событий, происходивших вокруг Верхне-Кубанского полигона в 2009–2014 гг. (по данным геофизической службы РАН)

Таблица 1

Период	Объем выборки	Среднее значение магнитуды	Ср. квадратич. отклонение	Критерий согласия
2010 г.	24	3,75	0,38	0,16
2011 г.	52	3,80	0,19	0,90
2012 г.	61	3,80	0,26	1,11
2013 г.	89	3,60	0,25	-0,45
2014 г.	51	3,50	0,26	0,42
2010–2014 гг.	282	3,7	0,35	

событий и приведены основные статистические данные выборки сейсмических событий за 2009–2014 гг., выполненной по результатам обработки данных, представленных в каталоге землетрясений геофизической службы РАН в г. Обнинске. Пространственное положение роев землетрясений приурочено к тектоническим структурам. Следует отметить, что в основном сейсмические события происходили в юго-восточном направлении от точек наблюдений, средняя магнитуда их составила 3,8 при среднем квадратичном отклонении 0,36. Анализ расстояний до гипоцентров сейсмических событий говорит о полимодальности распределения случайных величин, среди которых выделяются рои сейсмических событий с расстояниями до их гипоцентров соответственно 160, 360 и 600 км.

Таким образом, приняв за основу случайность процесса проявления сейсмической активности во времени и пространстве можно получить некоторые статистические характеристики этого процесса. В табл. 1 приведены статистические параметры магнитуд сейсмических событий в отдельные периоды наблюдений (тип распределения — нормальное).

Если ряды наблюдений изучаемых параметров представляют собой упорядоченные во времени ряды изменений амплитуды регистрируемого параметра или группы параметров, то для рядов сейсмических событий характерен случайный шаг их дискретизации.

Кроме того, не совпадают и системы регистрации: ряд сейсмических событий имеет большее число степеней свободы, нежели сопоставляемая с ним временная зависимость параметров среды. Сейсмические события обладают, по крайней мере, двумя степенями свободы: магнитуда и расстояние до эпицентра (гипоцентра). Именно эти параметры играют определяющую роль в интенсивности воздействия сейсмического события на среду, реакция которой регистрируется в процессе мониторинга. Поэтому для сопоставимости результатов представляется необходимым определить функцию интегрального учета параметров сейсмических событий. Такой может служить функция оценки сейсмической активности, предложенная Ю.В. Резниченко. «Считается что она дает возможность преобразования дискретной сейсмической информации в непрерывное распределение», учитывающее как энергетическую, так и пространственную составляющие сейсмических событий [1].

По определению, сейсмическая активность — это плотность гипоцентров землетрясений в исследуемой пространственно-временной области, т.е. число гипо-

центров, отнесенных к единице пространства, времени и энергетическому классу. Мы предлагаем несколько изменить формулу расчета, применив вместо суммы числа гипоцентров сумму энергетических классов источников в пределах выбранного статистического окна обработки данных. Таким образом, получаем оценку приведенной к установленным, предварительно выбранным пространственно-временным рамкам суммарной энергии сейсмических событий, произошедших в соответствующий расчетам временной интервал.

Расчет приведенной энергии ( $A$ ) выполнялся в пределах площадок в виде круга, диаметр которого выбран из статистики распределения расстояний гипоцентров сейсмических событий. Приведение проводилось к энергетическому классу  $K_0 = 10$  (магнитуда  $M = 3,7$ ), минимальный энергетический класс устанавливался из анализа исходной выборки сейсмических событий —  $K_{\min} = 7,6$  ( $M = 2,2$ ). Наклон графика повторяемости землетрясений принят 0,67, что соответствует наклону графика повторяемости землетрясений для Западного Кавказа.

$$A = [(1 - 10^{-0,67}) / (10^{[-0,67(K_{\min} - K_0)])] \cdot (S_0 T_0) / (ST) \cdot K, \quad (1)$$

где  $S_0$  и  $T_0$  — принятые в соответствии с  $A_0$  (рассчитываемая активность) единицы нормирования по площади (1000 км<sup>2</sup>) и времени (1 год);  $S$  и  $T$  — параметры статистического расчетного окна: площадь круга с центром в точке мониторинга и выбранным статистическим радиусом, равным среднему или медианному значению выборки распределения расстояний до гипоцентра сейсмических событий, и размер временного интервала подсчета числа гипоцентров и их энергетических классов.

Продолжительность временного статистического интервала была выбрана 90 дней, исходя из требований получения значимых и несмещенных статистических оценок среднего значения, дисперсии, скоса и эксцесса выборки. Таким образом, временной интервал статистического окна обеспечивал получение выборки, размер которой был не менее размера генеральной выборки (т.е. >72 значений). Расчет сейсмической активности в точке мониторинга содержания радона и гелия в подземных водах Верхне-Кубанского полигона выполнен для статистического окна размером в 90 дней и различных радиусов исследования — 100, 200, 400, 700 и 1000 км (рис. 2). Получена обобщенная характеристика сейсмичности, которая учитывает степень влияния каждого сейсмического события в выборке событий (расстояние до гипоцентра и магнитуду). Так, резкий рост сейсмической активности в апреле–августе 2009 г. связан с достаточно высокой магнитудой событий (до  $M = 6$ ), произошедших на расстоянии не более 200 км, а события, отмеченные в период с апреля 2012 г. по июнь 2013 г., при близких значениях магнитуд не приводят к росту сейсмической активности, так как их гипоцентры расположены на удалении 600 км и более от точки исследования.

Трендовые изменения функции сейсмической активности могут быть аппроксимированы ортогональными полиномами третьей степени. Так, для трендовой

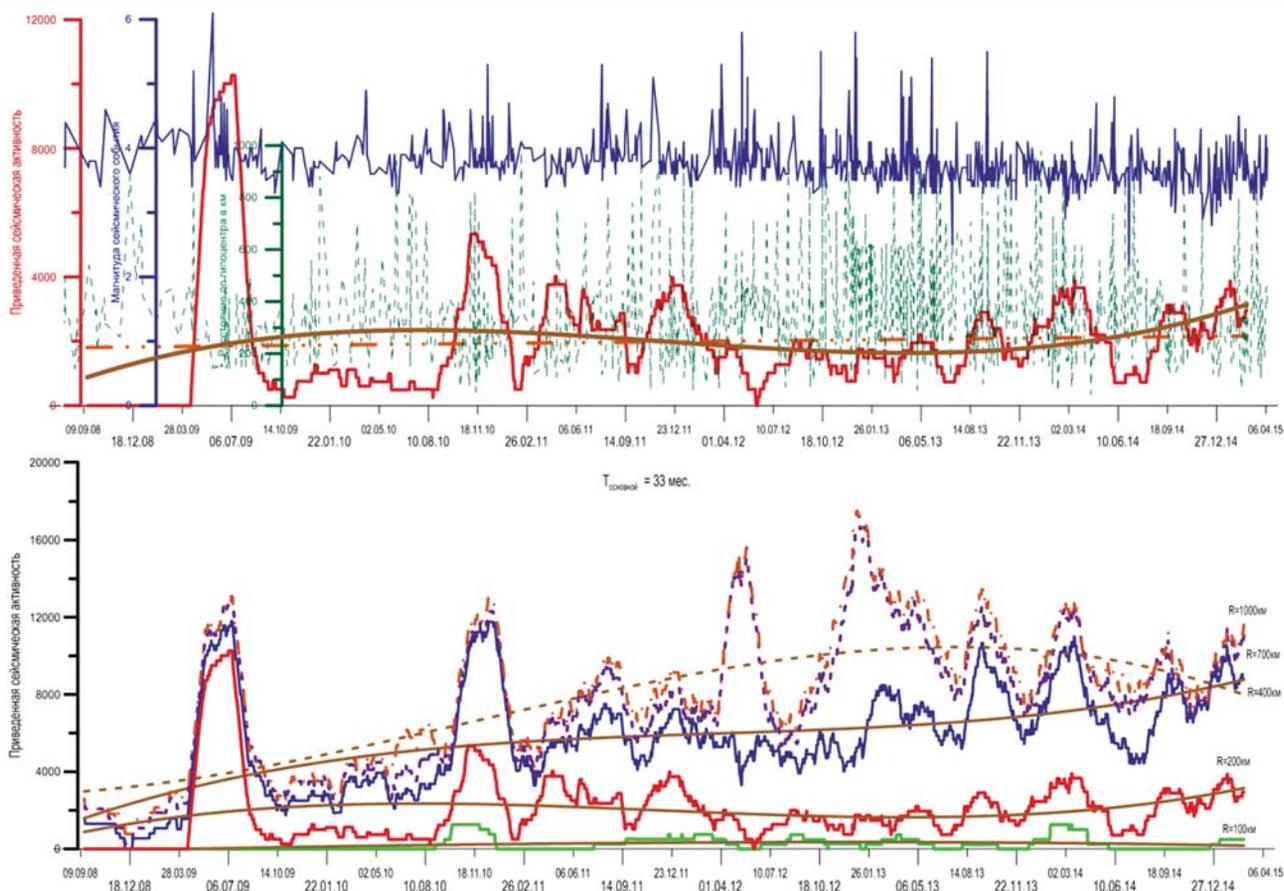


Рис. 2. Сейсмическая активность Верхне-Кубанского полигона при радиусах исследования 100, 200, 400, 700 и 1000 км

функции сейсмической активности в радиусе 200 км использован ортогональный полином вида

$$Y = -10\,223\,711,83 + 750,69(T - T_0) - 0,018(T - T_0)^2 + 1,498E - 007(T - T_0)^3. \quad (2)$$

За период 2008–2014 гг. объем выборки составляет 2546 элементов, среднее значение приведенной сейсмической энергии  $A_{cp} = 203,34$ ,  $T_0 = 40\,884,8$ , коэффициент масштабирования  $m = 0,0017$ . Коэффициент при третьей степени многочлена достаточно мал, и в ряде случаев тренд с достаточной степенью точности может быть аппроксимирован уравнением второй степени.

Представляется возможным использование и линейной функции для наглядного представления изменения сейсмической активности за период наблюдений.

$$Y = 0,012(T - T_0) - 275,33. \quad (3)$$

Сейсмическая активность в области наблюдений за анализируемый период соответствует фоновому уровню проявления сейсмической энергии, при котором не отмечается процесс накопления энергии и возникновения аномальных зон, а идет равномерный по времени процесс разрядки сейсмических напряжений через систему роев (групп землетрясений), расположенных по основным элементам тектонического строения региона.

Используя результаты анализа функции сейсмической активности и основные закономерности ее пове-

дения, можно проследить взаимосвязь изменений функции сейсмической активности с соответствующими ей изменениями содержания гелия и радона в подземных водах района мониторинга.

В табл. 2 представлены основные статистические параметры распределений содержания гелия и радона в пробах источника ВК-9 за 2010–2014 гг. (тип распределения — нормальное).

Первое, что необходимо отметить — резкие различия в относительном диапазоне регистрации параметров, т.е. разброс результатов измерений концентраций гелия в несколько раз превышает таковой радона при одних и тех же условиях отбора проб. По всей видимости, это связано как с техническими трудностями измерения со-

Таблица 2

Период	Объем выборки		Среднее значение		Ср. квадратич. отклонение		Критерий согласия	
	гелий	радон	гелий	радон	гелий	радон	гелий	радон
2010 г.	365	355	506,4	9,7	150,9	2,6	5,5	6,9
2011 г.	349	334	334,1	11,4	132,7	6,1	6,1	34,5
2012 г.	366	366	222,0	8,2	43,7	1,4	4,9	7,9
2013 г.	305	253	261,0	8,7	40,9	1,3	1,0	6,6
2014 г.	283	283	235,0	4,4	89,2	2,3	6,8	16,0
2010–2014 гг.	1750	1591	320,6	8,6	152,8	4,0		

держания растворенных в воде гелия и радона, так и с внешними факторами, в частности, с различной степенью чувствительности методов (изменение содержания растворенных в воде гелия и радона под воздействием сейсмической энергии) к сейсмическим событиям. Ряды вариаций распределения растворенного в воде гелия и радона отражают основные особенности поведения функции сейсмической активности за тот же период наблюдений, но последовательность изменения статистических параметров для гелия и радона различна.

Вариограммы концентраций радона в подземных водах соответствуют изменениям сейсмической активности, рассчитанным для области влияния до 200 км, а для гелия — более 200 км. Можно видеть, что регистрируемые изменения концентраций радона отвечают локальным изменениям сейсмической обстановки и напряженного состояния массива горных пород, в то время как изменения содержания гелия более связаны с региональными изменениями геодинамической обстановки региона мониторинга.

Таким образом, общие закономерности изменения сейсмической активности в регионе находят полное отражение в результатах анализа основных особенностей поведения растворенных газов (гелия и радона) в подземных водах Верхне-Кубанского полигона. Для гелия отчетливо видна тенденция уменьшения величины среднего значения выборки и среднего квадратичного отклонения, что говорит о сдвиге в сторону уменьшения концентрации растворенного гелия. Это отражает снижение степени воздействия сейсмических условий на изменение концентрации растворенного гелия. При этом сейсмическая активность в регионе возрастает до своего максимального (в пределах сейсмического фона) значения.

Для радона не отмечается возрастание средних значений его содержания в подземных водах, так как сейсмическая активность в пределах радиуса влияния 200 км практически не изменяется. Тем не менее, повышение сейсмической активности в 2011 г. за счет сейсмических событий с преимущественными расстояниями до гипоцентров более 200 км привело к росту среднего значения концентраций радона и увеличению среднего квадратичного отклонения в 2 раза за счет появления проб с концентрацией радона, в 2–3 раза превосходящей среднее значение по выборке, а в 2014 г. — появление сейсмических событий с расстоянием до гипоцентра менее 100 км коррелируется с уменьшением величины среднего значения концентрации радона.

Для перехода от общих закономерной к прослеживанию и выявлению частностей в поведении временных рядов монито-

ринга содержания гелия и радона, растворенных в подземных водах Верхне-Кубанского полигона, используются методы описательной статистики: расчеты статистических параметров в выбранном оптимальном окне обработки данных (среднее значение, среднее квадратичное отклонение, асимметрия и эксцесс, коэффициент корреляции рассчитанных параметров), различные методы осреднения в пределах статистического окна (фильтрация данных) и др.

Полученные временные ряды результатов измерений концентрации растворенного в воде гелия или радона можно рассматривать как суперпозицию фона и полезного сигнала, который отличен от фоновой составляющей по различным признакам — амплитуде, частоте или их совокупности. Выделение полезной составляющей происходит по алгоритму обучения, когда сопоставляются ряды данных с известным полезным сигналом (в нашем случае — расчет и анализ функции сейсмической активности) и результаты регистрации параметров, связанные с ними различными зависимостями (взаимосвязь изменений концентраций гелия и радона с изменениями сейсмической активности в регионе). Примеры графического отображения результатов работы алгоритма обучения приведены на рис. 3 и 4.

Объем выборок, который дает возможность получить достоверные, несмещенные оценки статистических параметров, достигается подбором размера окна статистической обработки размером в 90 наблюдений, что при шаге наблюдений по временной оси 1 сут. соответствует размеру окна фильтрации 90 сут. Фильтр низких частот построен на расчете скользящего среднего в пределах статистического окна, частотная характеристика ряда наблюдений оценивалась по второму, третьему и четвертому статистическим моментам. Фильтр верхних частот служил для оценки статистических параметров остатков (разность исходных данных

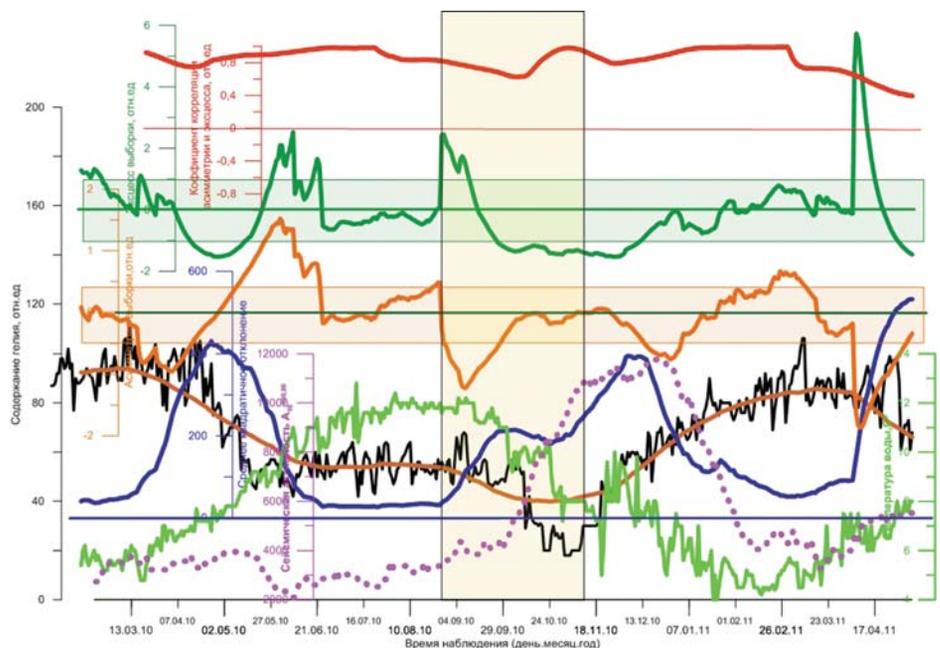


Рис. 3. Взаимосвязь изменений концентраций гелия с изменениями сейсмической активности в регионе

и результатов осреднения в скользящем окне). Усиление полезного сигнала, выделяемого в процессе фильтрации, происходит за счет введения поправки за изменение температуры воды. Она создается в процессе обработки как корреляционная зависимость между результатами осреднения и температурой жидкости (аппроксимация функции выполнена в виде ортогонального полинома третьей степени).

Анализ результатов обработки позволил выявить несколько признаков изменения статистических параметров, которые по времени предшествуют процессу изменения сейсмической активности, в частности ее возрастанию.

Таковыми признаками могут служить:  
 снижение до минимальных значений среднего квадратичного отклонения;

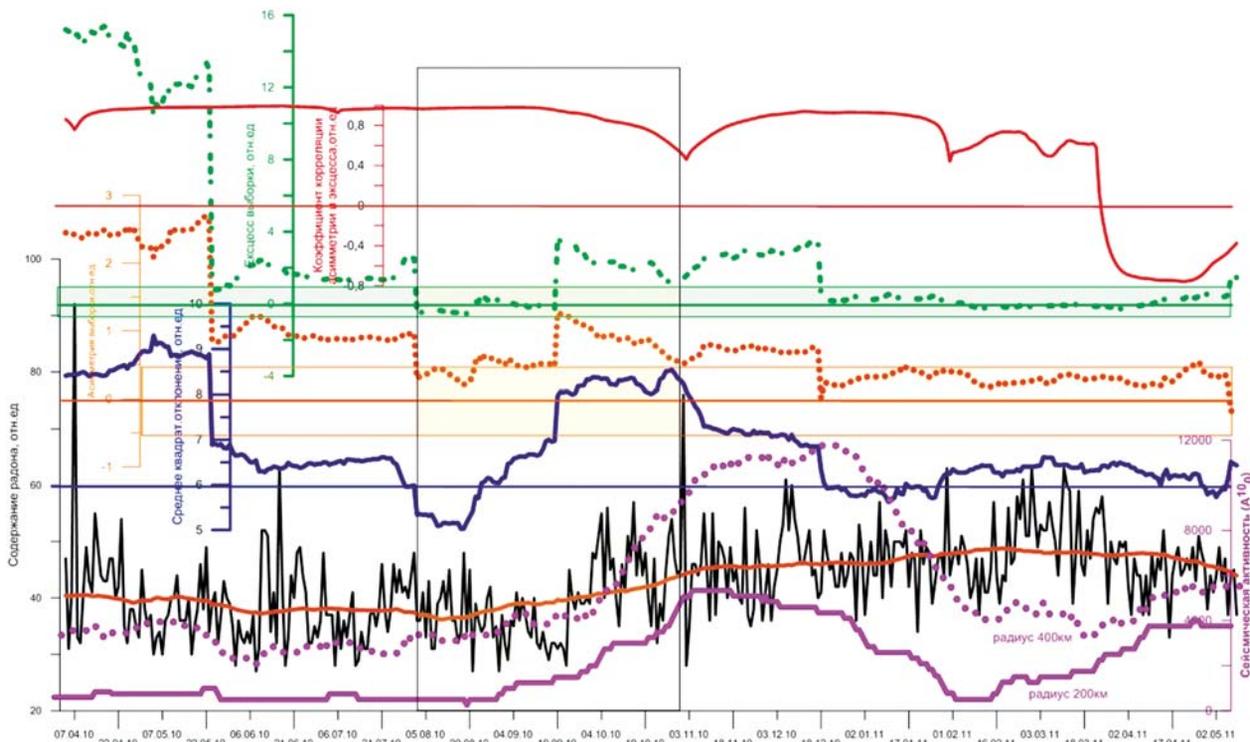


Рис. 4. Взаимосвязь изменений концентраций радона с изменениями сейсмической активности в регионе

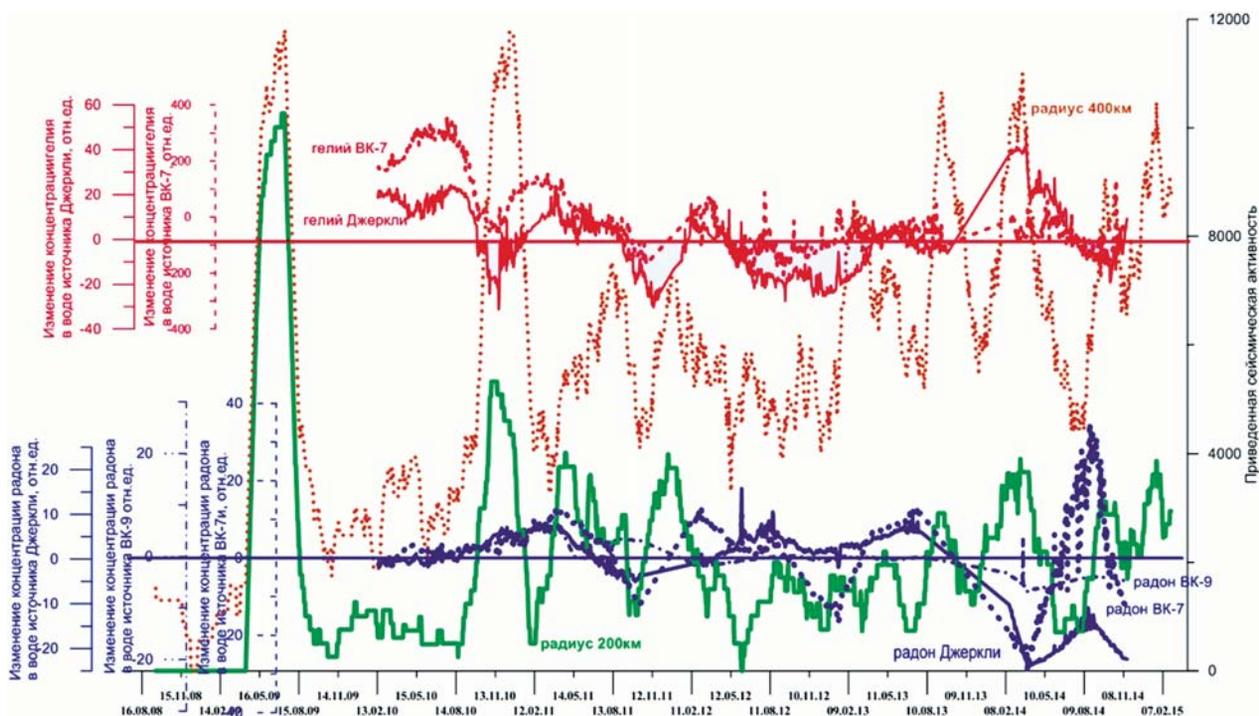


Рис. 5. Сопоставление сейсмической активности с результатами статистической обработки временных рядов наблюдений за содержанием гелия и радона в подземных водах Верхне-Кубанского полигона

совпадающие по времени резкие изменения величины асимметрии выборки в сторону отрицательных значений;

рост значений эксцесса.

При этом отмечается уменьшение степени взаимосвязи указанных статистических параметров, что отражается снижением коэффициента взаимной корреляции до нулевых значений.

С точки зрения процесса изменения концентрации растворенного гелия, происходит закономерное снижение величины среднего значения параметра при сокращении разброса и образовании устойчивого ядра выборки концентраций гелия в области их средних значений. Те же статистические процессы характерны и для изменения статистических параметров выборок концентраций растворенного в подземных водах радона.

Изменение статистических параметров выборок, описанное выше, можно по аналогии сопоставить с реакцией среды на изменение частоты колебаний внешнего воздействующего источника, т.е. мы имеем аналог воздействия на систему с резонансной частотой. В таких системах приближение частоты внешних колебаний к резонансной частоте системы приводит к усилению реакции системы и при совпадении частот — к достижению максимума амплитуды колебаний и возможному разрушению системы. Так как горные породы — агрегатные системы, то таких резонансных частот может быть несколько. Тогда изменения среднего квадратичного выборки (дисперсии) соответствуют изменениям ширины спектра частот, асимметрия выборки отражает смещение резонансной частоты системы, которая может быть представлена средним значением, а эксцесс — степень совпадения воздействующей частоты и собственной частоты системы.

Как отмечает В.И. Уткин [4], «дисперсия при переходе от фоновых значений временного ряда к аномальным его величинам изменяется закономерным образом. В промежуточной зоне между аномалией и фоновым значением среднее значение компонента продолжает оставаться фоновым. При этом дисперсия принимает существенно аномальное значение по сравнению с фоном и согласуется с теорией случайных процессов, т.е. динамика изменения дисперсии отражает изменение энергетического воздействия на систему».

На рис. 5 показаны результаты сопоставления сейсмической активности с данными статистической обработки временных рядов наблюдений за содержанием гелия и радона в подземных водах Верхне-Кубанского полигона. Функция сейсмической активности отражает внешнее воздействие на геодинамическую систему региона, а прошедшие обработку и фильтрацию результаты наблюдений за изменением концентрации растворенных в воде газов — ответную реакцию системы на внешнее воздействие. Достигнутая сопоставимость результатов по нескольким точкам наблюдений позволяет исключить погрешности, связанные с техническими нарушениями регистрации параметров и ошибками интерпретации. Выявленные аномалии хорошо коррелируются с изменениями сейсмической активности на различных уровнях исследования (в ближней зоне от

пунктов мониторинга для радона, и в дальней зоне — для гелия).

Таким образом, использование выявленных зависимостей содержания растворенных в воде газов и сейсмической активности дает возможность получения интегральной оценки энергетического воздействия развивающихся сейсмических и геодинамических событий в районе мониторинга.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беспалов Д.А., Брачун Т.А. Разработка программы для расчета сейсмической активности в Магаданской области / Научное сообщество студентов XXI столетия: VII студенч. междунар. заочная науч.-практ. конф. Технические науки. — Новосибирск: СибАК, 2013. — С. 22–29.
2. Саидов О.А., Сулейманов А.Б., Магомедов Б.А. О методике обработки и интерпретации временных газо-геохимических рядов, как предвестника сейсмического события. — Махачкала: Институт геологии ДНЦ РАН, 2012.
3. Султанходжаев А.Н., Азизов Г.Ю. О механизме формирования предвестников аномалий в содержании радона в подземных водах Узбекистана // Изв. АН Республики Узбекистан. — 2009. — № 8. — С. 42–49.
4. Уткин В.И. Радон и проблема тектонических землетрясений // Соросовский образовательный журнал. — 2000. — Т. 6. — № 12. — С. 64–70.

© Гарифулин В.А., Кленцер П.Г., Потемка Э.П., 2015

Гарифулин Владимир Александрович // v.garifulin@gmail.com  
Кленцер Павел Григорьевич // putoranin@mail.ru  
Потемка Эдуард Петрович // potemka@mail.ru

УДК 556.33.04:556.38.383

Медведев Ст.А., Потемка Э.П., Крупская Э.Ю.  
(ФГУП «ВСЕГИНГЕО»)

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СОСТОЯНИЕМ НЕДР НА ПОЛИгонах ГМСН ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Рассмотрены проблемы и пути совершенствования технологий изучения состояния недр в подсистемах подземные воды, экзогенные и эндогенные процессы на полигонах ГМСН на территории ЦФО, ПФО, СФО, СЗФО, СКФО. **Ключевые слова:** мониторинг, полигоны ГМСН, государственная опорная наблюдательная сеть, комплекс измерений, методическая обеспеченность, регламент, программно-аппаратурные средства, программа полигонных исследований.*

Medvedev St.A., Potemka E.P., Krupskaya E. Yu. (VSEGINGEO)  
IMPROVEMENT OF TECHNIQUES FOR OBSERVATION OF THE STATE OF THE SUBSURFACE ON THE SMSS POLYGONS FOR SOLVING THE TASKS OF GROUNDWATER AND HAZARDOUS GEOLOGICAL PROCESSES MONITORING

*The problems and ways of improving the techniques of studying the state of the subsurface in the sub-systems "Groundwater" are described. Exogenic and endogenic processes on the polygons (testing sites) of the SMSS (State Monitoring of the State of the Subsurface) on the territories of the Central Federal Region (CFR), River-Volga Federal Region (VFR), North-Western Federal Region (NWFR), North-Caucasian Federal Region (NCFR). **Key words:** monitoring, SMSS polygons, State*