

УДК550.343

ЗАПАТЕНТОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ 2-х ТЕХНОЛОГИЙ ОПЕРАТИВНОГО, ДИСТАНЦИОННОГО ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО СЕЙСМОФЛЮИДОГЕОДИНАМИЧЕСКИМ (СФГД) ПОЛЯМ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Керамова Р.А.

*Национальная Академия Наук Азербайджана, Республиканский Центр Сейсмологической Службы,
keramovar@mail.ru*

Решение проблемы прогноза землетрясений находится на стыке мультидисциплинарных наук: геологии, геохимии, геофизики, физики высоких энергий, механики и т.д. Не секрет, что многие специалисты, которые работают в области прогноза землетрясений многие годы, подвергаются незаслуженному прессингу. Как известно, сейсмопрогностические исследования представлены сейсмологическими, геофизическими и сейсмофлюидогеодиническими (сокращенно – СФГД) исследованиями. До последнего времени (2019) в мире не были известны надёжные математические методы и программное обеспечение для прогнозирования основных параметров землетрясений (местоположение-координаты очага, время его реализации, магнитуда).

В январе 2019 года, в Азербайджане, который является одним из сейсмоопасных регионов нашей планеты, получены два “Авторских свидетельства на программное обеспечение” по решению данной проблемы на основе данных круглогодичного СФГД мониторинга (РЦСС при НАНА – Керамова Р.А., Аббаслы О.А.). Эти исследования в течение 1979–2019 гг. представлены сейсмогеохимическими и сейсмогидрогеодинамическими методами. Собран статистически огромный фактический материал. Изучение режимных вариаций проводилось на 24÷27-ми объектах (в разные годы), которые представлены подземными водами и морской водой Каспия, газов, растворённых и свободно выделяющихся в водах, а также – радиоактивными элементами.

Ниже приведены основные аспекты двух запатентованных в Азербайджане “Автоматизированных технологий оперативного прогноза землетрясений только на основе сейсмофлюидогеодинического (СФГД) мониторинга режима флюидов в Азербайджане”. Отметим, что интенсивные работы по анализу и интерпретации фактического материала из “Базы данных круглогодичного СФГД мониторинга” начались только после реализации в регионе сильных землетрясений (Лерикское – 1998 г. и Каспийско-Бакинское – 2000 г.). В результате, за период 1998–2016 гг. были разработаны, протестированы и внедрены в ежедневную работу две автономные и принципиально разные “Автоматизированные технологии № 1 и № 2 для оперативной оценки сейсмической обстановки и оперативного сейсмопрогноза только на основе мониторинга сейсмогеодинамического режима флюидов (СФГД) в Азербайджане”. Фундаментом для них стали следующие важные закономерности (Керамова, 2004), которые были установлены в течение 2001–2004 гг.:

1. Именно флюиды в системе “вода-порода” являются чутким индикатором сейсмических, тектонических, физико-химических и др. процессов.

2. Аномальные вариации в пространственно-временном СФД режиме флюидов представляют корректную, достоверную информацию о подготовке землетрясения только на заключительном, финишном, этапе подготовки землетрясения. Эмпирически и математически (регрессионный анализ) доказано, что этот “диапазон-интервал” времени равен 1÷16 дням.

3. Парагенезис информативных СФГД параметров стабилен во времени и образует индивидуальные, характерные комбинации сейсмогеохимических и сейсмогеологических параметров. Каждому очагу землетрясения соответствует конкретный СФГД “портрет”.

4. Время реализации “диапазона-интервала” конкретного сейсмического очага также стабильно. Закономерности № 4–5 являются фундаментальными аксиомами сейсмопрогноза на основе СФГД мониторинга. На их основе разработан и составлен “Атлас эталонных СФГД “портретов” для сейсмических очагов, которые реализовались в акватории Каспийского моря, на территории Азербайджана и различных регионах нашей планеты” за период 1986–2019 гг.

5. Очаги землетрясений в конкретном регионе, которые имеют много идентичных, информативных комбинаций СФГД параметров, можно объединить в микросейсмозоны и выделить их в ранее известных сейсмозонах разных регионов.

6. Сейсмофлюидогеодинимические (СФГД) исследования являются наиболее дешёвым, экономически выгодным и информативным методом для решения главных вопросов в области достоверного сейсмопрогноза (определение координат, магнитуды и времени реализации готовящегося землетрясения).

В результате исследований, за период 2001–2006 гг. были разработаны, протестированы и внедрены в ежедневную работу четыре экспресс-метода:

1. Экспресс-метод выявления аномалий (формулы) при ежедневной обработке данных (305 значений параметров) СФГД мониторинга для: а) оперативной оценки сейсмической обстановки ($m_l \geq 3.0$) в конкретном, локальном регионе ($\Delta \leq 300$ км от объектов наблюдений до сейсмоочага); б) трансрегионального, оперативного прогноза сильных землетрясений ($m_b \geq 5.5$) в конкретном регионе нашей планеты $\Delta \leq 300$ км от объектов наблюдений до сейсмоочага.

2. Экспресс-метод расчёта диапазона магнитуды (формулы) прогнозируемого землетрясения.

3. Экспресс-метод идентификации сейсмического очага по аномалиям в СФД полях флюидов. Он позволяет установить 2 параметра очаговой зоны, готовящейся к реализации: а) “диапазон” местоположения (интервал координат); б) диапазон времени, который остался до реализации прогнозируемого землетрясения в интервале $1 \div 16$ дней. Установлено, что СФГД аномалии в полях флюидов возникают только на заключительном этапе подготовки землетрясения к реализации. Он равен $1 \div 16$ дням.

На основе вышеуказанных экспресс-метода были разработаны алгоритмы, которые стали основой для 2-х автономных и принципиально разных “Автоматизированных технологий №1 и №2 для оперативной оценки сейсмической обстановки и оперативного сейсмопрогноза только на основе мониторинга сейсмогеодинамического режима флюидов (СФГД) в Азербайджане”. Ежедневные работы осуществляются автоматически, на основе 15-ти автономно работающих программ. Разница между запатентованными технологиями в том, что: а) в “Комплексной автоматизированной технологии № 1...” поэтапно используются все программы, но конечный результат представляется в формате докладной записки, только на основе опыта и знаний специалиста; б) “Автоматизированная технология № 2...” состоит только из 1-й программы и конечный результат выдаётся автоматически, в табличном и картографическом форматах. В их основе лежат алгоритмы и формулы (Керамова, 2002–2014) для следующих разработок: а) “Шкала градации землетрясений по диапазонам-интервалам магнитуд, глубинам залегания очагов и эпицентральных расстояниям”; б) экспресс-метод выявления в режимных вариациях аномальных параметров на основе ежедневной интерпретации результатов мониторинга; в) экспресс-метод расчёта магнитуды прогнозируемого землетрясения; г) экспресс-метод определения ‘диапазонов-интервалов’ координат и времени, которое осталось до реализации, для одновременно прогнозируемых очагов землетрясений. Данный экспресс-метод основан на математическом “методе распознавания образов”, т.е. сравнении выявленных аномалий при СФГД мониторинге с разработанными идентификационными графиками (ИГ), которые условно названы СФГД “портретом” очага землетрясения. Всего разработано 3 варианта ИГ: а) “on-line портрет” прогнозируемого очага землетрясения; б) “retro-портрет” – реализованного очага за период 1986–2019 гг.; в) “эталон-портрет” (по координатам, магнитуде, времени до реализации землетрясения)– неоднократно реализованный конкретный очаг. Ежедневно решаются следующие задачи: а) интерпретация данных круглогодичного СФГД мониторинга (за 1 день: до 316-ти значений по 14-ти параметрам на 24÷27-ми объектах наблюдений); б) “on-line портрет” очага прогнозируемого землетрясения сравнивается с “эталон-портретом” в “Атласе эталонных СФГД “портретов” очагов землетрясений”, реализовавшихся в 1986–2019 гг. в Каспии и других регионах мира, где произошли сильные землетрясения; в) одновременно, для разных по азимуту очагов прогнозируемых землетрясений, определяются “интервалы-диапазоны” основных сейсмологических параметров: (координаты; магнитуда; время, оставшееся до реализации. Регионы выполнения оперативного сейсмопрогноза: 1. Кавказско-Каспийский регион: а) $m_l \geq 3.0$; $h \geq 0$ км: Каспий; Азербайджан; б) $m_l \geq 4.0$; $h \geq 0$ км: Россия-Чечня, Дагестан; Грузия); 2. Анатолийско-Иранский регион ($m_b \geq 5.0$; $h \geq 0$ км: Иран, Турция). 3. Страны сейсмогенной Тянь-Шаньской зоны ($m_b \geq 5.0$; $h \geq 10$ км – Таджикистан, Кыргызстан). 4. Страны сейсмогенной Гиндукушской зоны глубокофокусных землетрясений ($m_b \geq 6.0$; $h \geq 90$ км: Таджикистан; Афганистан; Пакистан). 4. Очаги катастрофических планетарных землетрясений (Италия; Тайвань, Индонезия; Япония; Филиппины, Чили). Эта география может быть расширена при необходимости. Достоверность всех полученных результатов достигает 80÷85 %. Ниже приведены примеры подтверждения результатов сейсмопрогноза на основе наших запатентованных 2-х “Автоматизированных технологий №1 и №2...”

(рис. 1–2). В 2017 г. они были успешно протестированы на территории России-Дагестан по просьбе руководства МЧС Республики.

Подтверждение № 1 – Сейсмопрогноз на землетрясение, которое было реализовано 03.09.2019 – Япония, о-в Хонсю.

Сейсмопрогноз сделан оперативным, дистанционным методом из Азербайджана на основе “Комплексной автоматизированной технологии №2 (“AUTOLOG”) и данных круглогодичного сейсмогеодинамического (СФГД) мониторинга режима флюидов в Азербайджане” (авторы: Керамова Р.А.; Аббаслы О.А.). Он был представлен руководству РЦСС при НАНА в “Докладной записке”:

№ 150/04 от 20.08.2019 г. на период времени: 20.08.2019 – 05.09.2019

Тихий океан – Япония, Вост. поб. о-ва Хонсю, СВ г. Токио:

$t_{\text{прогн}} = 0 \div 16$ дн; $m_b = 5.0 \div 5.9$; $\varphi = 38.34 \div 38.74$; $\lambda = 141.41 \div 141.81$; $h \leq 70$ км

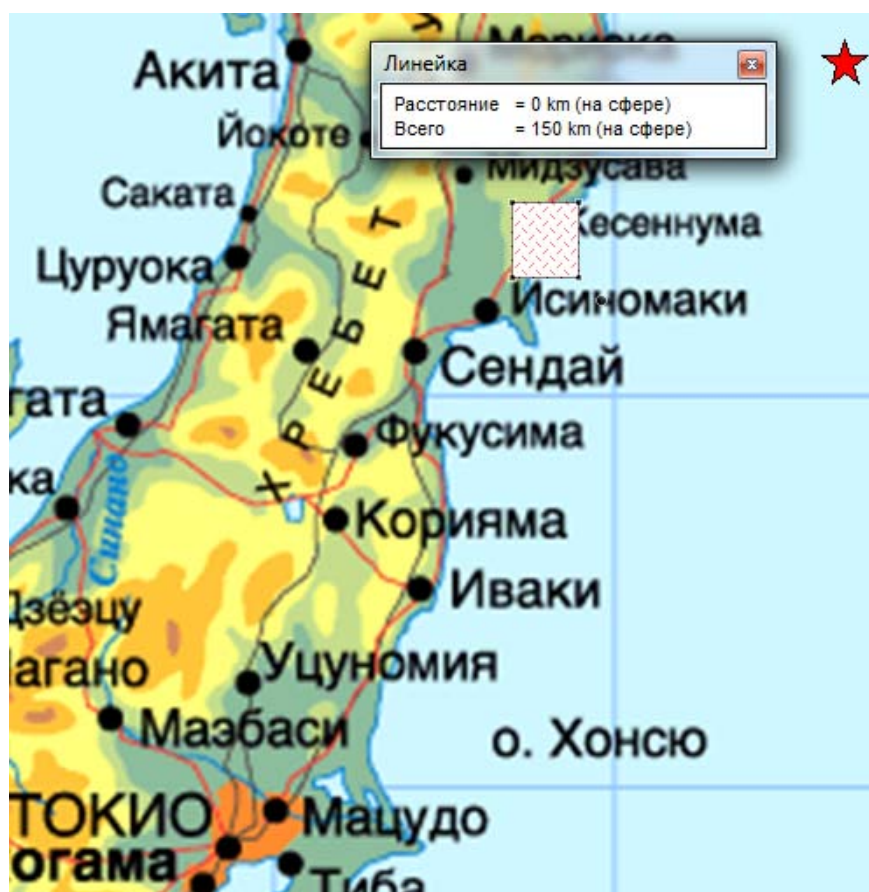
$t_{\text{вр. отпр. докл}} \text{ UTC} = 20:30$; ($t_{\text{вр. бакин. время}} = 16:30$)

Расстояние между реализованным очагом землетрясения и областью прогноза равно $\Delta = 150$ км к СВ от области прогноза.

Параметры реализованного землетрясения представлены на сайте <http://www.ceme.gsras.ru> ФИЦ ЕГС РАН (Россия, г. Обнинск от 03.09.2019 (табл. 1 и рис. 1.).

03.09.2019 — Япония, о-ва Хонсю.

$M_b = 5.0$; $\varphi = 39.48$; $\lambda = 143.37$; $h = 33$ км; $t_{\text{UTC}} = 18:42:35$ ($t_{\text{вр бакин. время}} = 22:42:35$)



Условные обозначения:

- ★ – местоположение реализованного очага землетрясения (03.09.2019 – Япония, о-в Хонсю).
- ▨ – область прогноза от 20.08.2019; Тихий океан – Япония, Вост. поб. о-ва Хонсю, СВ г. Токио.

Рис. 1. Карта с расположением прогнозируемого очага землетрясения и реализованного очага

Факс отправлен:
Дата 20.08.2019
время (бакинск.) 20:30:00
время UTC 16:30:00

Председателю Прогнозной комиссии
РЦСС при НАНА,
Ген. Директору РЦСС НАНА,
д.г.-м.н., Етирмишли Г.Д.
от нач-ка, отдела "Комплексные
геохимические исследования",
д.г.-м.н. Керамова Р.А.

Докладная записка № 150/04 от 20.08.2019 г.

Оценка сейсмической обстановки по сейсмофлюидодинамическим (СФД) полям Азербайджана на период: 20.08.2019 - 05.09.2019 г.

Регионы: Землетрясения планетарного масштаба (Италия, Индонезия, Япония, Филиппинские о-ва. Чили и др. страны)

По результатам круглогодичного СФД мониторинга за период 05.08.2019-20.08.2019 г. в вариациях полей (гидро-, газо-, радиогеохимические и гидрогеодинамические) наблюдаются аномальные значения концентрации относительно фонового уровня для отдельных параметров:
ионы CO_3 ; $\Sigma(\text{Cl}, \text{Br}, \text{I})$; Об.ж.. Аномалии наблюдаются на следующих станциях:

гх/ст "Шамахы" (Шамахинский р-н), гх/ст "Шеки" (Шекинский р-н), гх/ст "Бёюк-Гамья" (Сиазаньский р-н). На остальных станциях значения параметров не превышают фоновые или близки к нему. Интерпретация данных СФД мониторинга указывает на вероятность возникновения землетрясения в следующем регионе:

Параметры очага прогнозируемого землетрясения на период времени: 20.08.2019 - 05.09.2019 г.						
Диапазоны (интервалы)						
№ п/п	Процент совпадения с эталонами, %	Название очага и микросейсмозоны	Значение диапазона, (min/max)	Координаты		Глубина, км (h)
				φ	λ	
1	2	3	4	5	6	7
			min	38.34	141.41	20.08.2019
1	21	Тихий океан - Япония, Вост. побережье о-ва Хонсю (СВ г. Токио)	max	38.74	141.81	05.09.2019
						8
						9
						mb=5.0
						mb=5.9
						10
						0
						70

Начальник отдела "Комплексн. геохим. исслед-й" РЦСС НАНА, д.г.-м.н. Азербайджана и России _____ Керамова Р.А.

Инженер _____ Гурбанзаде С.Н.

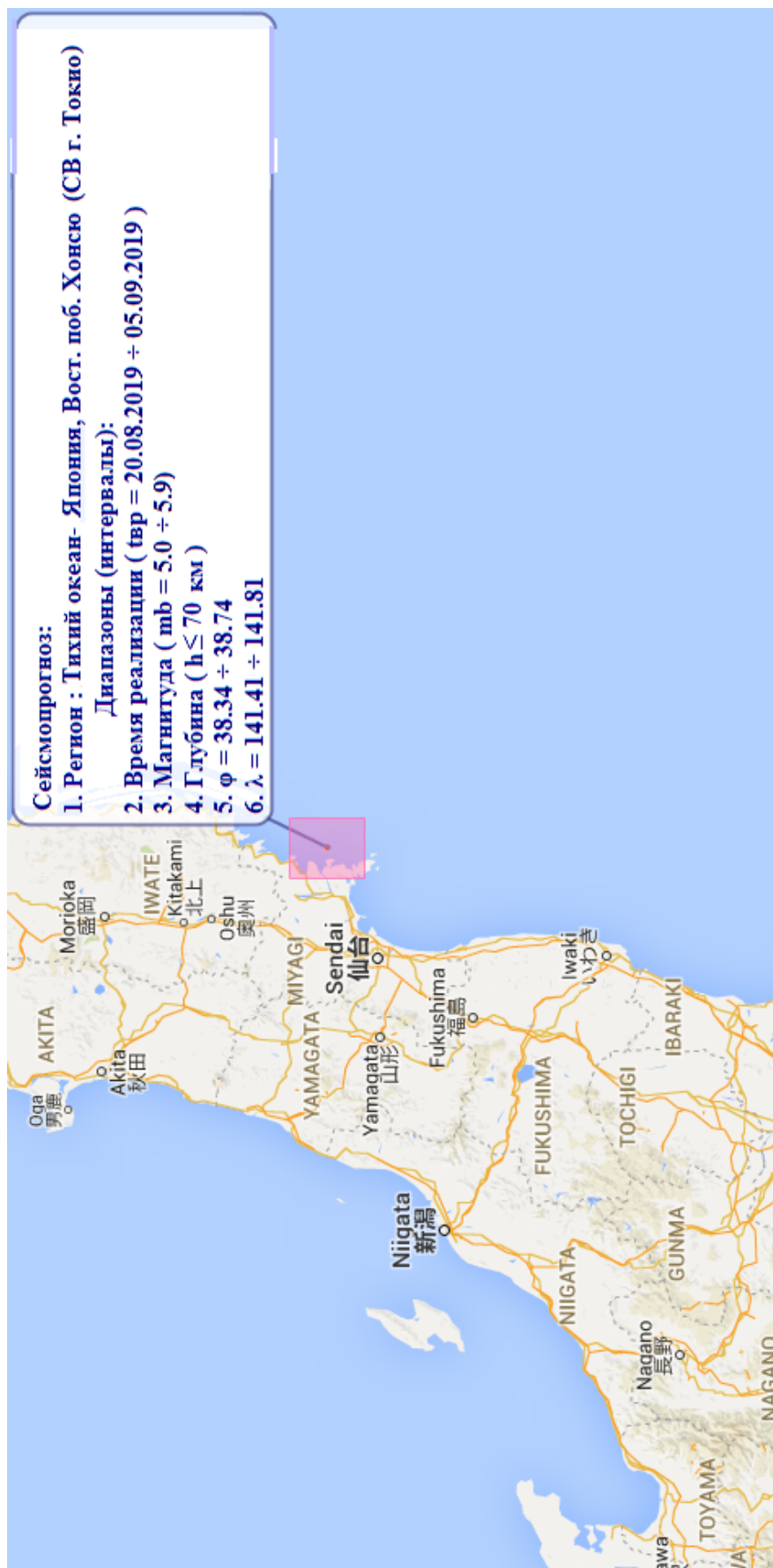


Рис. 2. Карта прогноза землетрясения на территории Японии на примере “Автоматизированной Технологии трансрегионального, оперативного прогноза”)

Начальник отдела “Комплексн. геохим. исслед-й” РЦСС НАНА, д.г.-м.н. Азербайджана и России Керамова Р.А.

Инженер Гурбанзаде С.Н.

Заключение

1. Правильно рассчитаны следующие основные сейсмологические параметры данного реализованного землетрясения:

1.1. Интервал времени реализации – Определён правильно: $t_{\text{прогн}} = 0 \div 16$ дней; за 14 дня до реализации землетрясения.

1.2. Регион и азимут очага – Определён правильно: Тихий океан – Япония, Вост. поб. о-ва Хонсю, СВ г. Токио.

1.3. Интервал координат области прогноза – Определён с допустимой погрешностью. Реализованный очаг землетрясения находится в 150 км от области прогноза. Расстояние от объектов мониторинга до очага равно $\Delta = 7483 \div 7658$ км.

1.4 Интервал глубины залегания очага реализованного землетрясения ($h = 33$ км) – Определён правильно ($h = 0 \div 70$ км).

1.5. Величина магнитуды реализованного землетрясения ($m_b = 5.0$) – Определена правильно ($m_b = 5.0 \div 5.9$).

2. Ошибки между параметрами данного реализованного очага землетрясения и его областью прогноза: нет.

Подтверждение № 2 – Сейсмопрогноз на землетрясение, которое было реализовано 03.09.2019 – о-в Тайвань - 15.02.19.



Условные обозначения:

- ★ – местоположение очага реализованного землетрясения (15.02.2019; о-в Тайвань)
- – область прогноза от 14.02.2019.

Рис. 3. Карта с расположением прогнозируемого очага землетрясения и реализованного очага. Реализованный очаг землетрясения находится на расстоянии $\Delta = 18$ км к СВ от области прогноза, т.е. рядом с областью прогноза