УДК 556.3.04

А. В. Лущик[1], доктор геол.-мин. наук, профессор
Н. И. Швырло[2], старший научный сотрудник
[1]кафедра прикладной экологии, гидромелиорации и сбалансированного природопользования, Национальная академия природоохранного и курортного строительства
[2]Украинский государственный геологоразведочный институт
[1] ул. Киевская, 181, Симферополь, 95000, РК Крым
AVLuschik @ mail.ru
[2] ул. Автозаводская, 78а, Киев, 04114, Украина

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В ИНТЕНСИВНО ХОЗЯЙСТВЕННО ОСВОЕННЫХ СЕЙСМОАКТИВНЫХ РЕГИОНАХ

Приводится обзор проблем, возникающих при выявлении гидрогеологических предвестников землетрясений в сейсмоактивных регионах с интенсивной хозяйственной деятельностью, влияющей на формирование подземных вод. Обоснованы участки для сейсмогидрогеологических наблюдений в условиях преобладания нарушенного режима, проанализированы результаты сейсмогидрогеологических наблюдений в Крымском сейсмоактивном регионе, позволившие обосновать гидрогеологические средне–краткосрочные предвестники землетрясений, характерные для этого региона.

Ключевые слова: сейсмоактивный регион, формирование подземных вод, сейсмогидрогеологические наблюдения, предвестники землетрясений

ВВЕДЕНИЕ

В пределах сейсмоактивных регионов, интенсивно хозяйственно освоенных, подземные воды являются основными источниками хозяйственно-питьевого и других видов водоснабжения, что характерно и для Крымского региона. Водоотбор нарушает природные условия формирования подземных вод и режим гидрогеодинамических параметров, гидрогеохимических и физико-химических показателей во времени и пространстве, что вызывает возникновение проблем при использовании их для выявления предвестников землетрясений. Проблема поисков гидрогеологических предвестников землетрясений и использования их для прогноза более столетия остается актуальной во многих странах (США, Япония, Китай и другие) [1, 3,13,15]. Актуальной она является и для Крымского сейсмоактивного региона, потому что на площади 27,0 тыс. км^2 в городах и населенных пунктах городского типа живет около 65 % населения, при том все крупные города и санаторно-курортные центры (Симферополь, Севастополь, Феодосия, Керчь, Большая Ялта, Алушта, и др.) находятся в 7–8 балльной сейсмической зоне, согласно общему сейсмическому районированию. Средняя плотность населения составляет около 71 человека на 1 км^2, а в пределах Южного берега Крыма в летние месяцы увеличивается более чем в 40 раз. Все это

 © А. В. Лущик, Н. И. Швырло, 2014

указывает на необходимость и актуальность прогнозирования землетрясений, в том числе и с помощью сейсмогидрогеологических предвестников.

В Крымском сейсмоактивном регионе водоснабжение осуществляется, практически, из всех водоносных горизонтов зоны активного водообмена и поэтому режим их значительно нарушен, что ограничивает возможность использования этих горизонтов для сейсмогидрогеологических наблюдений. Высоконапорные водоносные горизонты зоны замедленного водообмена имеют практически ненарушенный режим. Однако, они непригодны для выявления гидрогеодинамических предвестников землетрясений, потому что уровни их устанавливаются выше поверхности Земли на десятки-сотни метров. В связи с этим возникла проблема выбора водоносных горизонтов, или отдельных участков в пределах их, с гидрогеологическими условиями, удовлетворяющими требования сейсмогидрогеологических исследований с целью поисков предвестников землетрясений, основными из которых являются: водоносные горизонты должны быть напорными, что исключает непосредственное и быстрое влияние на них климатических факторов; что бы гидрогеодинамический и гидрогеохимический режим напорных подземных вод не нарушался под воздействием техногенных факторов, прежде всего водоотбором; гидродинамические параметры, физико-химические и гидрогеохимические показатели хорошо реагировали на изменения во времени давления воздуха, лунно-солнечных приливов, напряженного состояния горных пород определенного структурно-тектонического блока или блоков, в пределах которых находится водоносный горизонт; не было прямой гидравлической связи со смежными водоносными горизонтами и поверхностными водотоками и водоемами. При этом, желательно, что бы к началу сейсмопрогностических наблюдений существовали многолетние режимные наблюдения за гидродинамическими параметрами, физико-химическими и гидрогеохимическими показателями в системе регионального или других видов мониторинга. Оптимальным вариантом для сейсмогидрогеологических наблюдений являются глубины пьезометрических уровней в скважинах, вскрывающих подземные воды, от 2–3 до 10–15 метров от поверхности Земли. На необходимость выполнения этих требований указывается в инструктивных и методических документах Институтов физики Земли, ВСЕГИНГЕО (г. Москва), Геофизики АН Украины (г. Киев) и др., а так же в работах, опубликованных в 1972 – 1984 гг. [2–4, 6–8,11,12,15].

Возникшие гидрогеологические проблемы обусловили *цель исследований* – выбор водоносных горизонтов, отдельных участков в их пределах с ненарушенным режимом, обоснование гидрогеологических параметров для прогноза землетрясений. Согласно цели определились основные *задачи исследований, к которым относятся:* сейсмогидрогеологическое среднемасштабное районирование и выбор участков с гидрогеологическими условиями благоприятными для создания наблюдательных пунктов; оценка реакции гидрогеодинамических параметров и гидрогеохимических показателей в пространстве и времени на влияние природных и техногенных факторов; анализ

изменения во времени гидрогеодинамических параметров и гидрогеохимических показателей и выбор из них наиболее информативных для выявления периодов подготовки и прогноза землетрясений; обоснование и выделение средне–краткосрочных гидрогеологические предвестников землетрясений, на основании анализа и математической обработки вариаций гидрогеодинамических параметров и гидрогеохимических показателей, атмосферного давления, сейсмической активности в периоды подготовки землетрясений.

Цель и задачи работ, существующие условия формирования подземных вод, сейсмичность в регионе обусловили выбор *объекта исследований – напорные водоносные горизонты нижней части зоны активного водообмена, предметом исследований являются особенности их формирования под воздействием природных, техногенных факторов и сейсмичности.*

В результате исследований впервые научно обоснованы и выполнены: сейсмогидрогеологическое районирование Крымского сейсмоактивного региона, обоснованы перспективные участки для организации наблюдательных пунктов, гидрогеодинамические параметры, гидрогеохимические и физико-химические показатели, которые рекомендованы для использования в качестве предвестников землетрясений в регионе. *Результаты наблюдений в системе сейсмогидрогеологического мониторинга использовались для практических целей* Крымским экспертным советом по оценке сейсмической опасности и прогноза землетрясений для оценки сейсмической опасности в регионе. Результаты исследований обобщались и в виде трех-пятилетних отчетов рассматривались на Ученом совете Института минеральных ресурсов, а с 1999 г. (Крымское отделение Украинского государственного геологоразведочного института) и апробировались на международных, межотраслевых конференциях и публиковались в периодических изданиях [8–10, 16–18].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Задачи исследований определили поэтапную методологию их выполнения. На первом этапе, выполнено среднемасштабное сейсмогидрогеологического районирования и обоснованы перспективные участки для выполнения сейсмогидрогеологических наблюдений в пределах напорных водоносных горизонтов нижней части зоны активного водообмена (среднего миоцена, верхней юры), удовлетворяющие требования обеспечения чистоты получаемой информации (отсутствие природных, техногенных факторов нарушающих режим подземных вод). На втором этапе осуществлялась организация пунктов наблюдений и выбор оптимальных гидрогеодинамических параметров, гидрогеохимических и физико-химических показателей для выполнения сейсмогидрогеологических исследований. На третьем этапе (1984 – 2012 гг.), выполнялись наблюдения в системе сейсмогидрогеологического мониторинга на опорных водопунктах (преимущественно скважинах), вскрывающих напорные водоносные горизонты. Производились наблюдения за пьезометрическим уровнем, физико-химическими показателями (температурой, *Eh*, *pH*) в

непрерывном и дискретно-непрерывном, а за гидрогеохимическими показателями (общей минерализацией, ионами хлора, сульфатов и др.) в дискретном режимах. Наблюдения в системе сейсмогидрогеологического мониторинга за гидрогеодинамическими параметрами, гидрогеохимическими и физико-химическими показателями, с целью выбора предвестников и прогноза землетрясений, осуществлялись на водопунктах, специальной сети (табл. 1; 2).

Таблица 1.

Сведения о действующих наблюдательных пунктах

№ скв.	Пункт	Начало режимных наблюдений	Координаты, град., мин.		Абсолютная отметка устья, м	Глубина скв., м	Измеряемые параметры	Вид измерений, записи
			СШ	ВД				
3	“Суворово”, Бахчисарайский р-он	1990	44º43'	33º37'	48	125	УПВ, атмосферное давление	Непрерывный аналоговый
5	“Отважное”, Кировский р-он	1987	45º10'	35º13'	112,5	170	УПВ, атмосферное давление	Непрерывный аналоговый

К концу 80-х годов прошлого столетия сеть прогностических сейсмогидрогеологических пунктов контролировала, практически, все сейсмогенные районы региона. Начиная с 1991 г., в связи с ухудшением финансирования, объем наблюдений начал сокращаться и уже к 1995 г. в Крымском регионе число наблюдательных пунктов сократилось вдвое (до 5-ти). Пункты, которые остались в Крыму, контролировали Севастопольский (1-й), Ялтинско-Алуштинский (2–3-й), Судакский (4-й), Анапский (5-й) и Равнинно Крымский (6-й) сейсмоактивные районы. Полностью наблюдения в системе сейсмогидрогеологического мониторинга в Крымском сейсмоопасном регионе были прекращены в октябре 2012 г., в связи с ликвидацией Крымского отделения украинского государственного геологоразведочного института (КОУкрГГРИ) и не финансированием этих работ.

С 2013 г. продолжены наблюдения Республиканским предприятием “Крымский экспертный совет по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений (РП “КЭС”) на двух водопунктах (табл. 1) за гидрогеодинамическими параметрами.

Для выполнения работ использовались методы: сбора, систематизации, анализа изданных материалов, геологического и гидрогеологического картирования, тектонического анализа, сопоставления, картографического моделирования, на основе изданных карт, гидрогеологических режимных наблюдений, опробования, математической и графической обработки результатов измерений, которые выполнялись с применением лицензионных компьютерных программ, ГИС технологий, подземные воды исследовались в лабораториях, имеющих соответствующие сертификаты.

ISSN 2303-9914 Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. 2014. Т. 19, вип. 3

Таблица 2.

Сведения о закрытых наблюдательных пунктах

Номер скв.	Пункт наблюдений	Период режимных наблюдений (год)	Координаты, град., мин.		Абсолютная отметка устья, м	Глубина скв., м	Измеряемые параметры	Вид измерений, записи
			СШ	ВД				
1	“Красные пещеры”, Симферопольский р-он	1984–2012	44º51’	34º20’	462	60	УПВ, атмосферное давление, Eh	Непрерывный аналоговый
860	“Симферополь”, г. Симферополь	1989–2011	44º57’	34º07’	261	195	Eh, pH, He, Cl, атмосферное давление, температура воды, воздуха	Дискретный, один раз в сутки
1672	“Знаменка”, Красногвардейский р-он	1984–2001	45º32’	34º20’	30	180	УПВ, атмосферное давление	Дискретный, один раз в сутки
1593	“Соляное”, Ленинский р-он	1987–1992	45º19’	35º24’	1,5	270	УПВ, атмосферное давление	Непрерывный
8	“Щелкино”, Ленинский р-он	1986–1992	45º24’	35º48’	38	317	УПВ, атмосферное давление	Дискретный, один раз в сутки
1103	“Евпатория”, г. Евпатория	1984–1992	45º11’	33º20’	17	1200	Eh, pH, температура воды, воздуха	Дискретный, один раз в сутки
1-3М (47Г)	“Саки”, г. Саки	1984–1987	45º08’	33º37’	21	980	Давление, расход, температура воды при самоизливе, атмосферное давление, температура воздуха	Непрерывный
9	“Черные воды”, Бахчисарайский р-он	1987–1992	44º36’	33º52’	150	55	Cl, SO4, HCO3, Na, Ca, Mg, pH, Eh – в воде, общая минерализация, атмосферное давление, температура воздуха	Дискретный, один раз в сутки
2 (колодец)	“Черные воды”, Бахчисарайский р-он	1983–1992	44º36’	33º52’	150	3	Общая минерализация, хлориды, сульфаты, pH, Eh, температура и уровень воды, радон, H2S, Na, Ca, HCO3, электросопротивление, атмосферное давление, температура воздуха	Дискретные, два раза в сутки, радон – непрерывные

Примечание: В графе “Измеряемые параметры”: ОМ – общая минерализация подземных вод, $P_{атм.}$ – атмосферное давление, $P_{воды}$ – давление воды, УПВ – уровень подземных вод, $T_{в.}$ – температура воды, $T_{воз.}$ – температура воздуха.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов реакции гидрогеодинамических параметров и гидрогеохимических показателей на подготовку значимых землетрясений (энергетическим классом К > 9) в Крымском сейсмоактивном регионе за 1984 – 2012 гг. подтверждает теоретические и экспериментальные разработки о реакции подземных вод на подготовку землетрясений. Достаточно широкий спектр факторов, влияющих на вариации уровня подземных вод и изменения их качественного состава, указывает на сложность формирования гидрогеологических предвестников землетрясений и требует детального анализа при их выявлении, на что указывается в работах [1–4, 6–10,15–18].

Для этого достаточно рассмотреть результаты режимных наблюдений, полученных на различных участках и в различное время.

На пункте “Черные воды” перед подготовкой землетрясения 5 июля 1984 г., практически, в течение полутора месяцев перед основным толчком наблюдалось понижение уровня в водопунктах, почти прекратилось выделение спонтанного радона, увеличилась минерализация подземных вод и содержание хлор-иона. Такая реакция гидрогеодинамических параметров, гидрогеохимических и физико-химических показателей обусловлена тем, что подготовка землетрясения (серии толчков) происходила с выделенной суммарной энергией равной реализуемой при сильных землетрясениях, на расстоянии в пределах 70 – 80 км (в районе г. Гурзуфа на ЮБК).

В 1987 г. в районе Азовского моря, в 30 километровой зоне от наблюдательной скважины № 8 участка Крымской АЭС (Щелкино), произошел рой землетрясений энергетического класса до 9,8, процесс подготовки которого отмечался в изменении режима уровня подземных вод. Наблюдалась отрицательная аномалия, предшествовавшая землетрясению за 5 – 7 суток до события. Такая же аномалия отмечается и по дебиту нефти и давлению газа в трубах и затрубном пространстве Семеновского нефтяного месторождения, находящегося в зоне влияния землетрясения.

В августе 1990 г. было землетрясение в районе г. Судака, подготовка которого вызвала изменение уровня в скважине № 5, которое было локальным, а вариации пьезометрического уровня подземных вод и радиус влияния подготовки основного события указывали на незначительную силу ожидаемого землетрясения. Локализация влияния подготовки землетрясения позволила определить место его проявления и проинформировать органы управления о возможном землетрясении в этом районе, где данное землетрясение ощущалось в г. Судаке на уровне 4-х баллов.

В скважине № 5 проявляются в изменениях уровня подземных вод подготовки землетрясений 24 и 27 августа 1994 года, которые произошли в Керченско-Анапском районе синергетическим классом (К > 8,5) на удалении около 250 км, и вызвали нарушения взаимосвязи между уровнем подземных вод и атмосферным давлением, продолжительностью одни сутки. В то время

как перед землетрясением 11 сентября 1994 года (Судакский район, К = 8,5, глубина очага – 15 км, эпицентральное расстояние – 35–40 км) нарушение взаимосвязи между уровнем подземных вод и атмосферным давлением происходило в течение шести суток.

Землетрясение с энергетическим классом К = 14 (Россия, Краснодарский край, 2002 г.) оказало влияние на изменения уровня во всех наблюдательных скважинах, расположенных в различных структурных блоках. Нарушение корреляционной связи между пьезометрическим уровнем и атмосферным давлением установлено во всех скважинах за 6 суток до основного события.

Землетрясения энергетическим классом К = 9 и К = 10 (Россия, район г. Сочи, 2002 г.) в феврале и сентябре, проявились в изменениях гидрогеодинамических параметров не однозначно в скважинах № № 1; 3; 5. На февральское землетрясение четко прореагировала только скважина № 1, где нарушение корреляционной связи между уровнем и атмосферным давлением установлено за двое суток до основного события. Влияние сентябрьского землетрясения выявлено во всех скважинах по нарушениям корреляционной связи между уровнем подземных вод и атмосферным давлением от 3-х суток (скв. № 3) до 18 суток (скв. № 5), которая расположена ближе всех остальных скважин к эпицентру и в зоне субширотного тектонического нарушения Крымско-Кавказской системы.

В Северной, Северо-Западной, Западной, Восточной Турции и Юго-Восточной части Черного моря в 2004 – 2006 гг. были сильные землетрясения, влияние которых на подземные воды в Крымском сейсмоактивном регионе проявилось не однозначно.

Землетрясения в марте, сентябре и октябре 2005 г., энергетическим классом К = 11–14,5, обусловили вариации уровня с медленным понижением, которое после последнего землетрясения сменилось на подъемом. В скважине № 860 были установлены изменения окислительно-восстановительного потенциала (*eh*), заключающиеся в переходе от отрицательных значений к положительным перед землетрясениями энергетическим классом К = 10,5–11 в северо-западной и северной Турции, то есть происходила смена физико-химической обстановки от восстановительной к окислительной. Положительные значения *eh* при всех землетрясениях проявлялись не более 2 – 3-х суток до основного события и сразу же после главного события *eh* переходил в отрицательные формы.

Перед землетрясениями, энергетическим классом (11,1; 10,5 и 9,4), в северной Турции 15.05.2005 г. и в юго-восточной части Черного моря 18.05.2005 г. происходили изменения окислительно-восстановительного потенциала. С 14.04.2005 г. по 14.05.2005 г. отрицательные значения *eh* увеличились от (-90) до (-10). За несколько часов до землетрясений и во время их реализации (15.05.2005 г. – 18.05.2005 г.) *eh* был положительным – (+10) – (+30). После прекращения сейсмической активности 19.05.2005 г. значения *eh* сразу же стали отрицательными и достигали (-60).

Аналогичные процессы происходили в 2006 г. при землетрясениях на западе и северо-западе Турции энергетическим классом К> 10. За 10 – 15 дней до землетрясения (основного события) начиналось постепенное увеличение отрицательных *eh* и за 2 – 3 суток до основного толчка переход *eh* в положительные значения.

Переходы окислительного-восстановительного потенциала от отрицательного к положительному за 1 – 3 суток наблюдались перед основными событиями в скважинах, находящихся в различных структурных блоках. Например, перед землетрясениями во 2-м и 3-м сейсмоактивных районах Крымского региона в июле 1984 г. и в июне 1990 г. в скважинах, вскрывающих юрский водоносный горизонт на участках г. Евпатория, западная окраина Альминской впадины, и "Красные пещеры" в Горном Крыму.

Достаточно быстрые изменения окислительно – восстановительной обстановки теоретически можно объяснить поступлением кислорода при увеличении глубинной дегазации. Эта гипотеза частично подтверждается увеличением растворенного гелия в водах наблюдаемых горизонтов. Переток вод из верхних горизонтов исключен, потому что пьезометрические уровни юрских горизонтов на десятки метров превышают их уровни. Обе наблюдательные скважины находятся в зонах региональных глубинных тектонических нарушений, что так же подтверждает возможность реализации рассмотренного процесса.

В северо-западной, восточной, центральной Турции в июне – июле 2011 г. произошла серия землетрясений энергетическим классом К = 10 – 14,4, которые вызвали аномальные изменения вариаций уровня подземных вод в скважинах № № 1 и 5 во время их подготовки в течение 8 суток и проявлялись до конца всей серии сейсмических событий.

Для подтверждения объективности результатов наблюдений проводилось тестирование аномалий по методике, предложенной Г. М. Петросяном в 2003 г. и заключающейся в оценке показателя вероятности – отношения количества аномалий реализованных землетрясениями к общему количество выявленных, практически, однотипных аномалий уровня подземных вод в скважинах. В качестве примера приводятся результаты тестирования аномальных вариаций уровня подземных вод в скважине № 5 (Отважное) при подготовке землетрясений в Турции в период с 01.01.2008 г. по 20.08.2008 г., которая изменяется от 50 % до 62 %.

В период относительного сейсмического затишья в регионах Турции вероятность сейсмической реализации аномалий относительно землетрясений этого региона составляет 36 %.

За весь период наблюдений показатели вероятности подтверждения аномалий уровня подземных вод составили в скважинах: № 5 около 71 %, № 1 около 64 %. Это указывает на достаточно высокую вероятность подтверждения предвестникового эффекта.

Величина показателя вероятности подтверждения перехода окислительно-восстановительного потенциала с отрицательных значений в положительные за 1 – 2-е и менее суток до землетрясения достигла 0,95 (скв. № № 1 и 860).

ВЫВОДЫ

1. В Крымском сейсмоактивном регионе, в 1981 – 1983 гг., созданы теоретические и методические положения и выполнено сейсмотектоническое и сейсмогидрогеологическое среднемасштабное районирование для выбора наиболее перспективных участков, с гидрогеологическими условиями и режимом подземных вод, удовлетворяющими сейсмогидрогеологические требования организации наблюдений, а в пределах их созданы пункты для комплексных и других видов наблюдений.

2. Проведено "обучение" на влиянии землетрясений малой энергии (К = 7 – 10), лунно-солнечных приливов на изменения напряженного состояния горных пород для выявления наиболее информативных ("чувствительных") гидрогеодинамических, гидрогеохимических и физико-химических компонентов. Установлено, что такими являются: пьезометрический уровень подземных вод, макрокомпоненты и общая минерализация воды, микрокомпоненты (литий, бром, калий), растворенные в водах газы (гелий, углекислый, сероводород, радон, метан) и физико-химические показатели (температура воды, *pH*, *Eh*).

3. Аномалии в режиме подземных вод, которые обусловлены местными значимыми землетрясениями энергетическим классом К = 8 – 12, проявляются, преимущественно, при подготовке землетрясений за 2 – 6 суток и локализуются у районов с очагами готовящихся землетрясений. Далекие сильные землетрясения также проявляются в изменениях режима подземных вод за первые несколько суток (преимущественно до 5 – 6 суток) до основного события, но одновременно в нескольких пунктах и с однотипными нарушениями гидрогеологического режима.

4. Для Крымского сейсмоактивного региона в качестве краткосрочных предвестников землетрясений можно рассматривать: нарушения корреляционной связи между уровнем напорных подземных вод и атмосферным давлением; переход до основного события, за несколько часов или суток, окислительно-восстановительного потенциала (*Eh*) с отрицательных значений в положительные; повышения содержания растворенного гелия и хлор-иона в подземных водах. Длительные (более месяца) нарушения многолетних вариаций уровня напорных подземных вод (бухтообразные изменения, нарушения корреляционных связей между уровнем подземных вод и атмосферным давлением), можно рассматривать в качестве среднесрочных и долгосрочных предвестников землетрясений.

5. Проверка реализации аномальных изменений уровня подземных вод и физико-химических показателей дала положительные результаты. В большинстве случаев вероятность подтверждения составляет 53 – 95 %.

6. Определены основные направления и выбраны методы математической обработки гидрогеологических параметров, составлены программы для ее проведения, результаты применения которой позволяют усилить точность интерпретации их изменения во времени в периоды подготовки землетрясений.

7. Применение современных приборов измерения уровня подземных вод позволяет повысить точность измерений, оперативно получать информацию для проведения анализа, выделения прогностических аномалий и оперативного принятия решений, необходимых для прогноза землетрясений.

8. Существовавшая система сейсмогидрогеологического мониторинга позволяла выявлять время, силу и место ожидаемого землетрясеня в Крымском сейсмоактивном регионе, на основе комплексного анализа результатов наблюдений за изменениями гидрогеодинамических параметров, гидрогеохимических, физико – химических показателей, атмосферного давления, температуры воздуха и других экзо–и эндогеодинамических факторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Асада Т.* Методы прогноза землетрясений, их применение в Японии [Текст] / [Тоси Асада, Кацухико Исибаси, Токихико Матсуда и др.]; Пер. с англ. А. Л. Петросяна. – М. : Недра, 1984.
2. *Вартанян Г. С., Куликов Г. В.* О глобальном гидрогеодеформационном поле [Текст] / Г. С. Вартанян, Г. В. Куликов // Сов. геология. – 1983 – № 5. – С. 116–126. – Библиогр. :с. 126.
3. *Вартанян Г. С.* Региональная система прогноза землетрясений REPS в проблеме устойчивого развития стран сейсмически активных провинций мира [Текст] / Г. С. Вартанян // Известия секции наук о земле Российской академии естественных наук. – 1999 – № 2. – С. 40–47. – Библиогр.: с. 47.
4. *Дейнега Г. И.* Зависимость динамики и химизма подземных вод от сейсмической активности недр [Текст] / Г. И. Дейнега // Тр. Института геол. Дагестан. фил. АН СССР. – 1978 – № 15. – С. 10–14. – Библиогр. с. 14.
5. *Землетрясения Крымско-Черноморского региона (инструментальный период наблюдений 1927 – 1986 г.г.)* [Текст] / Б. Г. Пустовитенко, В. Е. Кульчицкий, А. В. Горячук . – К.: Наук. думка, 1989. – 192 с.
6. *Киссин И. Г.* Гидрогеологические предвестники землетрясений [Текст] / И. Г. Киссин // Сов. геология. – 1981 – № 10. – С. 24–34. – Библиогр.: с. 34.
7. *Лущик А. В.* Особенности сейсморайонирования при техногенном воздействии на геологическую среду [Текст] /А. В. Лущик, Э. П. Тихоненков, Е. А. Яковлев // Разведка и охрана недр. – 1987 – № 3. – С. 36–41. – Библиогр.: с. 41.
8. *Лущик А. В.* Формирование режима подземных вод в районах развития активных геодинамических процессов [Текст] /А. В. Лущик, Г. В. Лисиченко, Е. А. Яковлев. – К. : Наук. думка, 1988. – 164 с. (АН УССР, Ин-т геол. наук, Ин-т минер. ресурсов). – Библиогр.: с. 152–*164*. – ISBN 5-02-029989-8.
9. *Лущик А. В.* Сейсмогідрогеологічні дослідження в Україні. Стан. Напрямки розвитку [Текст] /А. В. Лущик, М. І. Швирло, А. В. Можжеріна, О. А. Лущик // Вісник наукових праць УкрДГРІ. – 2006 – № 3. – С. 102–106. – Библиогр.: с. 106.
10. *Монахов Ф. И.* Об одном важном свойстве краткосрочных предвестников землетрясений [Текст] / Ф. И. Монахов // Вулканология и сейсмология. – 1983 – № 2. – С. 68–74. – Библиогр: с. 74.
11. *Осика Д. Г.* Флюидный режим сейсмически активных областей [Текст] / Д. Г. Осика – М.: Наука. – 1981. – 204 с. : ил., 1 л. ил.; 21 см. (АН СССР, Даг. фил., Ин-т геологии).
12. *Рикитаке Т.* Предсказание землетрясений [Текст] / Т. Рикитаке ; пер. с англ. А. Л. Петросяна и Н. И. Фроловой. – М. : Мир – 1979. – 388 с.: ил. ; 22 см. – Библиогр.: с. 360–383.
13. *Саваренский Е. Ф.* О предвестниках землетрясений [Текст] / Е. Ф. Саваренский, И. Л. Нерсесов // Вулканология и сейсмология. – 1980 – № 1. – С. 70–74. – Библиогр. : с. 74.
14. *Султанходжаев А. Н.* Современное состояние и перспективы развития гидросейсмологических исследований [Текст] / А. Н. Султанходжаев, Ф. Г. Зиган // Водные ресурсы. – 1992 – № 3. – С. 22–31. – Библиогр. : с. 31.
15. *Тихоненков Э. П.* Обоснование, исследование и использование гидрогеологических предвестников землетрясений в Крымском сейсмоактивном регионе [Текст] / Э. П. Тихоненков, А. В. Лущик, Н. И. Швырло, А. В. Можжерина, Е. А. Яковлев // Сборник материалов международной научной конференции “Уроки и следствия сильных землетрясений (к 80-летию разрушительных землетрясений в Крыму)”, Ялта, – 2007. – Симферополь : Ин-т геофизики им. Субботина НАНУ, КЭС. – 2007. – С. 153–155. – Библиогр.: с. 155.

16. *Швырло Н. И.* Результаты сейсмогидрогеологических наблюдений в Крымском сейсмоактивном регионе (за 1998 год) [Текст] / Н. И. Швырло, А. В. Лущик, А. В. Можжерина // Сейсмологический бюллетень Украины – Симферополь : Ин-т геофизики им. Субботина НАНУ, КЭС. – 2000. – С. 77–81. – Библиогр.: с. 81.
17. *Швырло Н. И.* Результаты сейсмогидрогеологических наблюдений в Крымском сейсмоактивном регионе за 2000 – 2001 годы [Текст] / Н. И. Швырло, А. В. Лущик, А. В. Можжерина, Т. Е. Антипова, А. А. Лущик // Сейсмологический бюллетень Украины за 2001 год. – Симферополь : Ин-т геофизики им. Субботина НАНУ, КЭС. – 2003. – С. 131–135. – Библиогр.: с. 135.
18. *Швырло Н. И.* Изменения гидрогеологических параметров на сейсмогидрогеологических пунктах Крыма в 2002 году [Текст] / Н. И. Швырло, А. В. Можжерына, А. В. Лущик // Сейсмологический бюллетень Украины за 2004 г. – Симферополь : ИГ НАНУ, КЭС. – 2004. – С. 115–118. – Библиогр.: с. 118.

REFERENCES

1. Asada, T., Isibasi, K., Matsuda, T. (1984), *Methods of prognosis the earthquakes and their application is in Japan. Trans. from Eng. [Metodi prognoza zemletryaseniy, ih primenenie v Yaponii. Per. s angl.]*, Bowels of the earth, Moscow, 312 p.
2. Vartanyan, G. S., Kulikov, G. V. (1983), "About of the global hidrogeodefformation field" ["O globalnom gidrogeodeformazionnom pole"], *Soviet geology*, No 5, pp. 116–126.
3. Vartanyan, G. S. (1999), "The Regional system of prognosis the earthquakes REPS in the problem of steady development countries seismically active provinces of the world", *News of section of sciences about earth of the Russian academy of natural sciences* ["Regionalnaya sistema prognoza zemletryaseniy REPS v probleme ustoichivogo razvitiya stran seismicheski aktivnih provinziy mira", Izvestiya sekzii nauk o zemle Rossiyskoi akademii estestvennich nauk], No 2, pp. 40–47.
4. Deynega, G. I. (1978), "Dependence of dynamics and chemistry of underwaters on seismic activity of bowels of the earth", *Labours Instituta to geology of the Daghestan branch AN the USSR* ["Zavisimost dinamiki i himizma podzemnih vod ot seismicheskoi aktivnosti nedr", Trudi Instituta geologii Dagestanskogo filiala AN SSSR], No. 15, pp. 10–14.
5. Pustovitenko, B. G., Kul'chickiy, V. E., Goryachuk, A. V. (1989), *Earthquakes of the Crimean-Blacksea region (instrumental period supervisions in 1927 – 1986 years)* [*Zemletryaseniy Krimsko-Chernomorskogo regiona (instrumentalniy period nablyudeniy 1927 – 1986 god)*], Sciences thought, Kiev, 192 p.
6. Kissin, I. G. (1981), "The Gidrogeological precursors of earthquakes" ["Gidrogeologicheskie predvestniki zemletryaseniy"], *Soviet. geology*, No. 10, pp. 24–34.
7. Luschik, A. V., Tikhonenkov, E. P., Yakovlev, E. A. (1987), "Features of seismic districting at the technogenic affecting geological environment" [Osobennosti seismoraionirovaniya pri tehnogennom vozdeistvii na geologicheskuyu sredu"], *Secret Service and guard of bowels of the earth*, No. 3, pp. 36–41.
8. Luschik, A. V., Lisichenko, G. V., Yakovlev, E. A. (1988), *Forming of the mode the underwaters in the districts of development active geodinamics processes* [*Formirovanie rezhima podzemnih vod v paionah razvitiya aktivnih geodinamicheskih prozessov*], Sciences thought, Kiev, 164 p.
9. Luschik, A. V., Shvyrlo, M.I., Mozhzherina, A. V., Luschik, O. A. (2006), "Seysmogidrogeological research in Ukraine. State. Directions of development area", *Collection of scientific labours UKRDGRI* ["Seismogidrogeologichni doslidzhennya v Ukraine. Stan. Napryamki rozvitku", Zbirnik naukovih praz UkrDGRI], No. 3, pp. 102–106.
10. Monakhov, f. I. (1983), "About one important property of short-term precursors the earthquakes" ["Ob odnom vazhnom svoistve kratkosrochnih predvestnikov zemletryaseniy"], *Volcanology and seismology*, No. 2, pp. 68–74.
11. Osika, D. G. (1981), *The Flyuidnyy mode seismically active areas* [*Fluidniy regim seismicheski aktivnih oblastei*], Science, Moscow, 204 p.
12. Rikitake, T. (1979), *Prediction of earthquakes* [*Predskazanie zemletryaseniy*], the World, Moscow, 388 p.
13. Savarenskiy, E. F., Nersesov, I. L. (1980), "About the precursors of earthquakes" ["O predvestnikah zemletryaseniy"], *Volcanology and seismology*, No. 1, pp. 70–74.
14. Sultankhodzhaev, A. N., Zigan, F. G. (1992), "The Modern state and prospects of development hydroseismological researches" ["Sovremennoe sostoyanie i perspektivi razvitiya gidroseismologicheskih issledovaniy"], *The Water resources*, No. 3, pp. 22–31.
15. Tikhonenkov, E. P., Luschik, A. V., Shvyrlo, N. I., Mozhzherina, A. V., Yakovlev, E. A. (2007), "Detection, research and use of the hydro geological precursors of earthquakes in the Crimean seismically active region", *Collection of materials of international scientific conference is "Lessons and consequences of killerquakes (to*

the 80 year of destructive earthquakes in Crimea)", Yalta, 2007 ["Obosnovanie, issledovanie i ispolzovanie gidrogeologicheskih predvestnikov zemletryaseniy v Krimskom seismoaktivnom regione", Sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchnoi konferenzii "Uroki i sledstviya silnih zemletryaseniy (k 80-letiyu razruchitelnih zemletryaseniy v Krimu)", Yalta, 2007], Institute of geophysics the name of Subbotin NANU, KES, Simferopol, pp. 153–155.

16. Shvyrlo, N. I., Luschik, A. V., Mozhzherina, A. V. (2000), "Results of seismohydrogeological supervisions in the Crimean seismically active region (for 1998)", *The Seismological bulletin of Ukraine* ["Rezultati seismogidrogeologicheskih nabludeniy v Krimskom seismoaktivnom regione", Seismologicheskiy byulleten Ukraini], Institute of geophysics the name of Subbotin NANU, KES, Simferopol, pp. 77–81.
17. Shvyrlo, N. I., Luschik, A. V., Mozhzherina, A. V., Antipova, T. E., Luschik, A. A. (2003), "Results of seismohydrogeological supervisions in the Crimean seismically active region for 2000 – 2001 years", *The Seismological bulletin of Ukraine for 2001* ["Rezultati seismogidrogeologicheskih nabludeniy v Krimskom seismoaktivnom regione za 2000 – 2001 god", Seismologicheskiy byulleten Ukraini], Institute of geophysics the name of Subbotin NANU, KES, Simferopol, pp. 131–135.
18. Shvyrlo, N. I., Mozhzheryna, A. V., Luschik, A. V. (2004), "Changes of hydrogeological parameters on the seismohydrogeological points of Crimea in 2002", *The Seismological bulletin of Ukraine for 2004* ["Izmenenie gidrogeologicheskih parametrov na seismogidrogeologicheskih punktah Krima v 2002 godu", Seismologicheskiy byulleten Ukraini], IG NANU, KES, Simferopol, pp. 115–118.

Поступила 30.06.2014 г.

А. В. Лущик[1], доктор геол.-мін. наук, професор
Н. И. Швирло[2], старший науковий співробітник
[1]кафедра прикладної екології, гідромеліорації і збалансованного природокористування, Національна академія природоохоронного і курортного будівництва
2Український державний геологорозвідувальний інститут
[1] вул. Київська, 181, Сімферополь, 95000, РК Крим
AVLuschik@mail.ru
[2] вул. Автозаводська, 78а, Київ, 04114, Україна

ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В ІНТЕНСИВНО ГОСПОДАРСЬКО ОСВОЄНИХ СЕЙСМОАКТИВНИХ РЕГІОНАХ

Резюме

Приводиться огляд проблем, що виникають при виявленні гідрогеологічних передвісників землетрусів в сейсмоактивних регіонах з інтенсивною господарською діяльністю, що впливає на формування підземних вод. Обгрунтовані ділянки для сейсмогідрогеологічних спостережень в умовах переважання порушеного режиму, проаналізовані результати сейсмогідрогеологічних спостережень в Кримському сейсмоактивному регіоні, що дозволило обгрунтувати гідрогеологічні середньо–короткострокові передвісники землетрусів, характерні для цього регіону.

Ключові слова: сейсмоактивний регіон, формування підземних вод, сейсмогідрогеологічні спостереження, передвісники землетрусів.

A. V. Luschik[1], Ph. D**.,** doctor of geology and mineralogy, professor
N. I. Shvyrlo[2], senior researcher
[1] Departmet of applied ecology, hydromelioration and balanced nature. National Academy of naturekeeping and resort construction.
[2] Ukrainian State geological survey Institute
[1] Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya st. 181, 295000
AVLuschik@mail.ru
[2] Ukraine, Kiev**,** Avtozavodskaya st., 78a, 04114.

HYDROGEOLOGICAL PROBLEMS EMERGING IN INTENSIVELY CULTIVATED SEISMICALLY ACTIVE REGIONS

Abstract

In the Crimean seismically active region's urban population is over 65 %. All large cities, sanatorium-resort centers are located in 7 – 8 magnitude seismic zones. Therefore, the forecasting of earthquakes on the basis of the system seismogeological monitoring is so important.

In the intensively cultivated regions, underground waters are the main source of water supply. Water selection violates the natural conditions of formation of water and there are problems in identifying precursors of earthquakes. Therefore, the goal of research is selection of aquifers, individual sections within them, with undisturbed regime, the rationale of hydrogeological parameters for forecasting earthquakes. The goal led to the methodology works. In the first phase were selected promising areas within the artesian aquifers that meet the requirements for ensuring the purity of the obtained information (no factors which violate the regime of underground waters) and made seismogeological zoning. In the second stage the organization of observation points and selection of optimal parameters was performed. The third main stage, observations of variations of selected parameters (level of groundwater, physical-chemical, hydro-geochemical) was produced in a continuous and discrete-continuous modes. Analysis of the obtained data was performed with the help of special computer programs. Before earthquakes periods we distinguished violations correlation between the level pressure water and atmospheric pressure, duration 2 -18 days, depending on magnitude and distance from the epicenter observation wells. Confirmation of the effectiveness of the method is the measure of the probability of earthquakes (53 % – 71 %). Indicators of the implementation of transition of the redox potential from negative to positive for 1 – 2 days before the earthquake reached 95 %.

Conclusions:

– Rapidly react to changes of the stressed state of the rocks photometrically level, redox potential, chlorine-ion and helium.

– Abnormal violations of variations in the groundwater level and of sign changes in the redox potential in preparation of earthquakes, due to local significant earthquakes in the Crimean seismically active region, that are medium-short-term precursors of earthquakes.

Keywords: seismically active region, forming of underwaters, seismohydrogeological supervisions, precursors of earthquakes.