

УДК 550.34, 002.6

DOI: 10.23671/VNC.2018.2.14354

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ПОДДЕРЖКОЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ОПАСНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

© 2018 А. С. Кануков, к. т. н., Д. А. Мельков, к. т. н.

Геофизический институт – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru

На основе современных технологий разработана структурно-функциональная модель «Информационная система обеспечения градостроительной деятельности». Данная модель использована в качестве основы для создания моделирующей геоинформационной системы. При этом в виде отдельного структурного элемента в систему интегрирована информационная база данных о сейсмичности и сейсмических рисках, включающая в себя карты детального сейсмического районирования (ДСР) Республики Северная Осетия-Алания и карты сейсмического микрорайонирования территории населенных пунктов – административных центров Республики Северная Осетия-Алания.

Рассмотрены методы оценки возможных социальных и экономических потерь от возможных землетрясений различной интенсивности и разработана методика оценки сейсмического риска. На их основе, предложен алгоритм «внедрения» (введения) методики оценки сейсмического риска в информационные системы обеспечения градостроительной деятельности. Использование разработанной методики оценки сейсмического риска территории позволяет непосредственно рассчитать рейтинг грунтов и сейсмический риск территории.

На территории г. Владикавказа выделены участки с различными грунтовыми условиями. На основе имеющихся данных создан ГИС-проект «База данных геологической информации территории г. Владикавказа», включающий информацию о пробуренных на территории города скважинах и составе соответствующих грунтов. Данная база интегрирована во вновь разработанную систему, что позволяет использовать её в качестве одного из основных источников информации в задачах моделирования ожидаемых последствий опасных природно-техногенных процессов.

Ключевые слова: сейсмичность, микрорайонирование, сейсмический риск, информационная система, геоинформационная система, ГИС-проект, база данных, геоинформационное моделирование, веб-сервис, кадастровая система.

Геоинформационное моделирование до настоящего времени остается всё ещё сравнительно молодой областью научных исследований, которая в то же время охватывает обширный круг вопросов по созданию и использованию геоинформационных систем (ГИС-систем), о представленных в них данных и объектах, а также о применении математических методов и алгоритмов в данных системах. ГИС – системы включают в себя СУБД (системы управления базами данных), редакторы графики представленных в векторном или растровом формате, различные аналитические средства, что позволяет использовать их в картографии, геологии, геофизике, экологии и множестве других областей.

В современном мире существуют обширные возможности по получению огромного количества информации о различных объектах, которые нередко можно

обработать только лишь с применением современных компьютерных технологий. В связи с тем, что элементы геотехнологического комплекса имеют пространственную характеристику, то необходима разработка не просто информационного, а геоинформационного обеспечения. При этом геоинформационные технологии и методы стали одним из основных инструментов при проведении экологических исследований, в оценке и мониторинге состояния природной среды и ресурсов [Дзеранов и др., 2017]. Разработка и реализация новых методов моделирования геологических объектов, перемещения или распространения того или иного геофизического процесса, представляющих важную задачу установления взаимосвязей и корреляции пространственных распределений различных физических полей. К примеру, одной из подобных задач, решаемых с помощью ГИС-систем, является задача прогнозирования возможных последствий землетрясений в основе которой, лежит методика учёта многочисленных объективных и субъективных факторов, формирующих уровень сейсмического риска урбанизированных территорий.

В качестве основы функционирования геоинформационной системы моделирования опасных природно-техногенных процессов представляется использование принципов, используемых в информационных системах обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД). Согласно градостроительному кодексу РФ ИСОГД представляют собой систематизированный свод документированных сведений о развитии территорий, об их застройке, о земельных участках, об объектах капитального строительства и иных необходимых для осуществления градостроительной деятельности сведений [Градостроительный кодекс, 2005].

В широком понимании ИСОГД представляет собой метасистему (систему систем) [Мамышева, Загоруйко, 2010], которая обеспечивает информационную поддержку множества разнообразных процессов жизнеобеспечения и развития города. Такая комплексная система включает в себя несколько классов программного обеспечения:

- ГИС (географическая информационная система),
- СЭД (система электронного документооборота),
- СУБД (система управления базами данных),
- ЭАР (система управления электронными административными регламентами),
- СКК (система классификации и кодирования информации), веб-портал,
- Доступ к СМЭВ (система межведомственного электронного взаимодействия).

Целью введения информационных систем обеспечения градостроительной деятельности является обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, физических и юридических лиц достоверными детальными сведениями, необходимыми для осуществления градостроительной, инвестиционной и иной хозяйственной деятельности, проведения землеустройства.

Особое место, при этом, занимают сведения о сейсмической опасности территории, которые являются основополагающими при строительстве в сейсмически опасных районах.

Сейсмологические исследования для различных целей, в т. ч. для задач строительной отрасли выполняются в нашей стране уже свыше столетия. Одним из результатов таких исследований является оценка сейсмической опасности террито-

рии, которая традиционно сводится к вычислению максимально возможных сейсмических воздействий, которые необходимо учитывать при строительстве в сейсмических районах. Сейсмическая опасность при этом специально отображается на картах т.н. сейсмического районирования той или иной территории. В России, в зависимости от задач и необходимой детальности картирования сейсмической опасности, реализуют три уровня сейсмического районирования:

1. общее сейсмическое районирование (ОСР) – для всей территории страны;
2. детальное сейсмическое районирование (ДСР) – для ограниченных площадей и отдельных регионов;
3. сейсмическое микрорайонирование (СМР) – для городов, населенных пунктов и больших строительных площадок.

В результате ряда исследований по оценке сейсмической опасности, проведенных сотрудниками Геофизического института в 2006-2013 гг., были созданы оригинальные вероятностные карты детальное сейсмического районирования (ДСР) Республики Северная Осетия-Алания [Заалишвили и др., 2008; Заалишвили, Дзеранов, 2010], карты сейсмического микрорайонирования территорий (СМР) населенных пунктов – административных центров РСО-Алания [Заалишвили и др., 2010, 2011а – в; Заалишвили, Рогожин, 2011; Заалишвили, Джгамадзе, 2011, 2012; Заалишвили, 2013]. Необходимо отметить, что картографические материалы должны соответствовать мировому уровню, предъявляемому в настоящее время к пространственным данным и обладать, в первую очередь, возможностью непосредственного включения в любые современные информационные системы.

В процессе проведения исследований были рассмотрены существующие автоматизированные системы обеспечения градостроительной деятельности, кадастровая система, а также другие информационные ресурсы. В результате проведенных исследований нами была разработана структурно-функциональная модель ИСОГД (рис. 1), позволяющая создавать информационную систему для нужд пользователя, при сохранении совместимости с другими продуктами, построенными согласно данной модели, а также ряда уже существующих систем. Именно данная модель легла в основу разрабатываемой моделирующей геоинформационной системы.

Для разработки веб-сервиса была выбрана спецификация Web Map Service (WMS). Протокол WMS, являющийся стандартом Открытого геопространственного консорциума – Open Geospatial Consortium (OGC) и поддерживаемым большинством приложений. Необходимо отметить, что на основе спецификаций OGC создается большая часть специального программного обеспечения для разработки картографических веб-сервисов в сети Интернет. В качестве такой основы был выбран Geoserver, как продукт, который удовлетворяет всем необходимым требованиям, а также совместимостью с веб-ресурсом единой информационной системы «Сейсмотезопасность России».

В качестве платформы для создаваемого программного комплекса был выбран сервер, работающий под управлением свободно распространяемой операционной системы Ubuntu Server 16.04.

Нами был разработан веб-интерфейс доступа и визуализации данных сервиса (на основе OpenLayers), обладающий необходимым функционалом для просмотра вероятностных карт сейсмической опасности территории РСО-А и карт сейсмического микрорайонирования.

При попадании на главную страницу необходимо пройти авторизацию для получения доступа к данным. Авторизация является двухуровневой, но происхо-

дит прозрачно для пользователя. То есть необходимо ввести только свой логин/пароль, далее система сама проведёт авторизацию не только на веб-сервисе, но и на Geoserver'e.

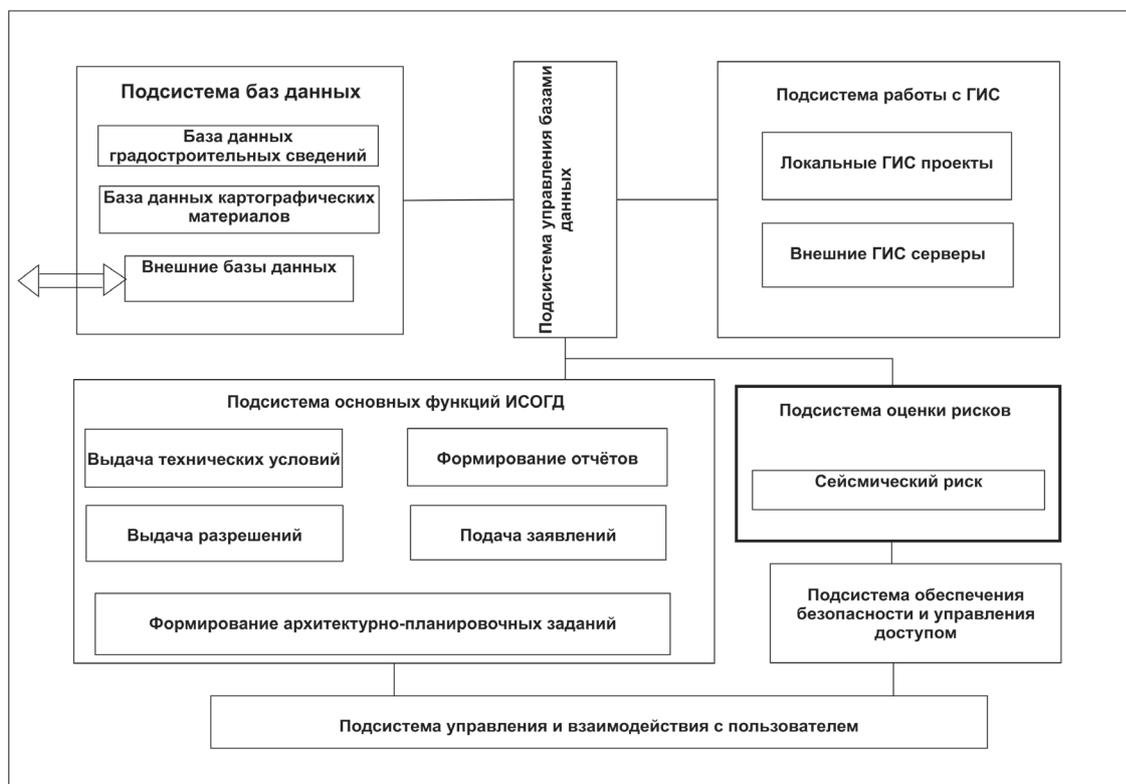


Рис. 1. Разработанная структурно – функциональная модель ИСОГД

Далее загружается карта сейсмического микрорайонирования территории города Владикавказа (рис. 2а). На данной странице реализован поиск объекта по адресу, с выделением соответствующего участка карты (рис. 2б).

Используя кнопки для навигации по карте, можно удалять и приближать объекты, а также перемещаться по ней, при этом в левом нижнем углу всегда будет находиться масштабная линейка, масштаб которой зависит от степени приближения к карте. Путём использования переключателей видимости слоёв в области управления отображением карты можно просматривать только интересующую пользователя информацию, например информацию о кадастре (рис. 2в).

К каждому объекту на карте можно привязать любую информацию, в виде файла или атрибутивной информации. Как пример – включение в информационную систему базы данных сейсмического риска застройки города Владикавказа (рис. 2г). Аналогично представлена карта детального сейсмического районирования территории Республики Северная Осетия-Алания, с соответствующими возможностями. Кроме того, осуществляется включение в систему данных об экономической обстановке в Республике [Алборов и др., 2017а, б; Бурдзиева и др., 2017; Алборов, Бурдзиева, 2017а, б;].

Для отображения данных разработаны соответствующие SLD-стили [Styled Layer Descriptor..., 2007]. С помощью PostGis реализована функция поиска объектов по адресу. При разработке также использованы другие новые технологии, такие как web 2.0, AJAX и др.



Рис. 2. а) Главная страница веб-сервиса с картой г. Владикавказ; б) Реализация функции поиска объекта по адресу; в) Вывод кадастровой информации; г) База данных сейсмического риска застройки

В процессе исследования рассмотрены вопросы обеспечения безопасности и разработана соответствующая система предоставления информации и разграничения прав доступа пользователей системы. Применение шифрованного протокола HTTPS позволяет свести к минимуму возможность несанкционированного доступа к данным. Использование асимметричного алгоритма шифрования RSA с длиной ключа 256 бит делает нецелесообразным метод взлома путём прямого подбора ключа [Кануков, 2017б]. Применение подписанного сертификата позволяет использовать максимальную степень защищённости канала передачи данных, делая чрезвычайно сложной процедуру взлома.

Для прогнозирования возможных последствий землетрясений или других катастроф требуется детальное изучение урбанизированных территорий. В конце XX столетия в России были разработаны методы оценки сейсмического риска уже существующих зданий и сооружений [Архиреева и др., 2017а]. Эти программы учитывали многочисленные объективные и субъективные факторы, влияющие на уровень сейсмического риска урбанизированных территорий.

Одна из методик была разработана проф. С. Ю. Баласаняном в 1991 году [Баласанян, 2004]. После восьми лет успешных работ, стратегия была одобрена в 1999 году Правительством Армении, как государственная программа. Согласно этой методике, наибольший вклад в масштаб возможных потерь, в случае сильного землетрясения, вносят следующие составляющие:

- Сейсмическая опасность территории;
- Население и его плотность в зонах высокой сейсмической опасности;

• Область зон, содержащих здания и сооружения, которые имеют низкую сейсмостойкость по сравнению с уровнем сейсмической опасности.

Определение риска сейсмических потерь (RSL) рассчитывалась по формуле

$$RSL = KR * KS * KP \quad (1)$$

где KR – рейтинг риска, учитывающий интенсивность сейсмического воздействия.

KS – рейтинг уязвимости зданий, расположенных в пределах изучаемого участка.

KP – коэффициент уязвимости людей, находящихся внутри или около исследуемых объектов.

Другой методикой прогноза представляется разработка рейтинговой оценки грунтовых условий и сейсмического риска территории. Создание рейтинговой оценки инженерно-геологических, гидрогеологических, геоморфологических и других особенностей грунтовых условий впервые было проведено для г. Владикавказа. Объектом исследования, был выбран достаточно большой район города – улица Куйбышева и прилегающие к ней кварталы.

Принимая во внимание грунтовые условия, и опираясь на метод экспертных оценок [Гогмачадзе и др., 2003], был определен рейтинг сейсмической уязвимости всех шести кварталов.

Согласно разработанному подходу [Заалишвили и др., 2006] совокупность грунтовых условий разделена на несколько уровней сейсмической уязвимости. Для данного случая использовалось три таких уровня. Каждому уровню соответствуют значения опасных факторов, формирующих сейсмическую уязвимость (табл. 1). В основе такой классификации лежит опыт прошлых землетрясений. Другими словами использовалась, как отмечалось выше, так называемая экспертная оценка. Далее каждому значению фактора присваивался ее весовой рейтинг, также устанавливаемый из прошлого опыта.

Каждый фактор оценивался по трехбалльной шкале, где 1 – соответствует наименьшему влиянию данного фактора на ухудшение рейтингового статуса участка, а 3 – наибольшему (табл. 2). Наиболее худшие грунты являются грунтами оснований первого и второго кварталов.

Для расчета рейтинга уязвимости использовалось следующее соотношение:

$$W_y = W \times D \quad (2)$$

Сейсмическая опасность территории, рассматриваемая здесь, является опасностью оцениваемой уровнем СМР (сейсмическое микрорайонирование), определяющим формирование расчетной интенсивности или проявления землетрясения [Заалишвили, 2000]. Другими словами, чем хуже грунтовые условия оснований застройки, тем выше сейсмический риск. Таким образом, вполне отчетливо прослеживается связь между грунтовыми условиями и проявлением сейсмической опасности. Также учитывался непосредственно класс уязвимости застройки [Архиреева и др., 2017б].

При сейсмическом воздействии 7 баллов шкалы MSK-64 рейтинг сейсмического риска составил:

- Весна RSL = 0,875
- Балкинский проезд-улица Пионеров RSL = 0,35

Таблица 1.

Рейтинговые показатели особенностей грунтов на территории г. Владикавказа

	Наименование факторов	Ед. измерения	Сейсмическая уязвимость, D			Весовой рейтинг, W
			1	2	3	
Эндогенные и экзогенные условия участка	Сейсмичность территории	MSK-64, балл	7	8	9	3
	Пространственное распределение (плотность) разломов	км\км	< 0,01	0,01-0,05	> 0,05	1,5
	Активные геологические процессы	-	отсутствуют	среднего уровня	сильное проявление	2
Грунтовые условия	Плотность грунтов	ρ , т/м ³	1,9-2,1	1,7-1,9	1,4-1,7	0,5
	Скорость распространения поперечных волн в грунтах	V _s , м/с	>800	400-800	80-400	3
	Уровень грунтовых вод	гугв, м	> 10	5-10	< 5	3
	Угол наклона (рельеф)	градус	< 50	5-150	> 150	0,5

Таблица 2.

Рейтинговая оценка грунтов на территории г. Владикавказа

№ фактора	Весовой рейтинг, W	Сейсмическая уязвимость, D					
		1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал	5 квартал	6 квартал
1	3,0	3	3	1	1	1	1
2	1,5	2	2	2	2	2	2
3	3,0	3	3	2	2	1	1
4	1,5	3	2	2	1	1	1
5	2,0	3	1	1	1	1	1
6	0,5	2	2	2	1	1	1
Максимальный рейтинг уязвимости, W _y , max	34,5	32,5	27	18	16	13	13
Относительный рейтинг уязвимости, W _y / W _y , max	1	0,94	0,78	0,52	0,46	0,37	0,37

- Улица Пионеров-улица Лермонтовская RSL = 1,038
- Улица Лермонтовская-улица Фрунзе RSL = 0,43
- Улица Фрунзе-улица Ленина RSL = 0,92
- Улица Ленина-река Терек RSL = 0,95

Кроме того, необходимым представляется учёт возможно экономического ущерба в информационных системах обеспечения градостроительной деятельности. Полный экономический ущерб L вычисляется как сумма отдельных видов ущерба для всех зон различной балльности.

$$L_i = \sum_{j=1}^j S_{ij} \times V_{ij} \times C_{ij} \quad (3)$$

где: S_{ij} – плотность застройки типа j в зоне с интенсивностью i ;

V_{ij} – средняя уязвимость отдельного объекта;

C_{ij} – средняя стоимость отдельного объекта.

Для установления полного экономического ущерба, мы должны дополнительно учесть потери вследствие повреждения и (или) разрушения городской инфраструктуры, а также социальный урон.

По экспертной оценке дополнительный ущерб при землетрясении 7 баллов увеличится на 20%, а для восьми баллов на 40%.

На территории города выделены участки с различными грунтовыми условиями (глубина залегания галечников, мощность перекрывающих их глинистых грунтов, количество песчано-глинистого заполнителя в галечниках, консистенция, пористость глин и суглинков, их обводненность, рельеф). С целью интеграции в разработанную геоинформационную систему базы данных геологической информации, на основе анализа физико-механических свойств грунтов была проведена дифференциация различных групп грунтов по показателям, характеризующим категории грунтов по их сейсмическим свойствам.

Целью работ по составлению карт инженерно-геологического районирования г. Владикавказа являлось составление общего представления о литологическом и геологическом строении изучаемой территории и установление общей гидрогеологической характеристики района [Гогичев, Дзеранов, 2017], а также отбор разведочных выработок, соответствующих по своим параметрам (местоположение, глубина, вскрытый разрез, наличие лабораторного опробования) целям и задачам сейсмического микрорайонирования для их последующего использования при построении карт и разрезов.

В результате решения этих и других задач был создан ГИС-проект «База данных геологической информации территории г. Владикавказа».

При этом топографическая основа в виде контуров кварталов, улиц, основных контуров реки Терек и техногенной нагрузки была получена с существующих тематических карт [Заалишвили, Кануков, 2017; Кануков, 2017а].

В процессе исследования были созданы тематические карты трех видов:

- карта фактического материала;
- карта изогипс и глубин кровли галечников;
- карта инженерно-геологического районирования.

Тематические карты разрабатывались с соответствующими базами данных.

На карте фактического материала представлен только один слой «горные выработки» с полями:

- тип выработки (скважина, траншея, шурф, колодец);
- индекс (номер выработки и индекс типа), поле вынесено для подписи на карту;
- номер выработки.

Карта инженерно-геологического районирования также несет информацию о выработках. Кроме того приведена информация:

- о склонах крутизной более 15 градусов (полигональный слой, без атрибутивных данных);
- категории грунтов по сейсмическим свойствам в соответствии с существующими требованиями СНиП II-7-81*.

Последующие перспективы разработки созданных геокодированных баз данных сводятся к пространственному анализу атрибутивной информации. На его основе возможно:

- создание непрерывных полей с функциями уточнения и актуализации информации на основе вновь поступающих данных (т. е. детализации);
- создание дежурной карты;
- наложение с информацией об опасных техногенных объектах;
- наложение информации о глубинах кровли водных горизонтов и линз;
- решение других пространственных задач.

По всем скважинам в ГИС – проекте приведено описание грунтов (табл. 1). Данная информация собрана в базу данных геологической информации, сформированной в виде шейп-файла с пространственной привязкой каждой скважины.

Выводы

1. Геоинформационные системы (ГИС) наряду с системами электронного документооборота (СЭД) являются в настоящее время необходимой составной частью государственного управления.

2. Принятие Градостроительного кодекса привело к созданию многих информационных систем обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД). При этом государство не может выделять или вводить свою собственную систему ИСОГД. Такой путь является крайне неэффективным, блокирующим развитие и «само-» совершенствование систем. В то же время, государство может, и должно регламентировать протоколы обмена данными между системами с учетом требований безопасности, разработать структуры метаданных, как например, это уже реализовано в электронной системе Роскадастра.

3. В силу практической необходимости и востребованности наиболее гибкой геоинформационной системой оказалась система Роскадастра.

4. Разработана структурно-функциональная модель ИСОГД, позволяющая создавать информационную систему для нужд пользователя, при сохранении совместимости с другими продуктами, построенными согласно данной модели, а также ряда уже существующих систем.

5. Предоставление возможностей использования кадастровой карты по протоколу WMS (в виде WMS-сервиса) позволило использовать данные во многих приложениях, как государственных служб, так и частных пользователей.

6. Протоколы WMS и WFS являются стандартами Открытого геопространственного консорциума Open Geospatial Consortium (OGS) и поддерживаются большинством приложений.

7. Использование протокола WMS позволяет обеспечить доступ к данным о сейсмичности и рисках в виде информационного раздела как в собственные разрабатываемые продукты, так и в продукты сторонних разработчиков.

8. На основе современных информационных технологий создана база данных исходной сейсмичности разного уровня (вероятностные карты ДСР и СМР) территории РСО-А (детальное сейсмическое районирование) и территории г. Владикавказ.

9. Использование разработанной нами методики оценки сейсмического риска территории позволяет рассчитать рейтинг грунтов и сейсмический риск территории.

10. На территории г. Владикавказа выделены участки с различной глубиной залегания галечников и мощностью глинистого и суглинистого покрова на галечниках, что являются основными показателями, определяющими категорию сейсмичности грунтов по СНиП-П-7-81*.

11. На основе анализа физико-механических свойств, в том числе (при необходимости), с помощью их дополнительного изучения геофизическими методами, проведено дифференцирование групп грунтов по их сейсмическим свойствам.

12. Создан ГИС-проект «База данных геологической информации территории г. Владикавказа», включающий информацию о пробуренных на территории города скважинах с подробным описанием грунтов.

13. На основе программного обеспечения с открытым исходным кодом выполнена интеграция базы данных геологической информации на территории г. Владикавказа в систему геоинформационного моделирования.

Литература

1. Алборов И. Д., Бурдзиева О. Г., Мадаева М. З. Биоэкологические проблемы содержания заброшенных месторождений руд цветных металлов в горных отрогах Северного Кавказа // *Экология урбанизированных территорий*. – 2017а. – № 1. – С. 56-61.

2. Алборов И. Д., Бурдзиева О. Г., Тедеева Ф. Г., Глазов А. П. Экологический риск в природно-технической системе // *Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН*. – 2017б. – № 4 (71). – С. 100-103.

3. Алборов И. Д., Бурдзиева О. Г. Развитие экологической напряженности в зонах добычи твердых полезных ископаемых на склонах Восточного Кавказа (статья в коллективной монографии) // *«Геолого-геофизические исследования глубинного строения Кавказа: геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований»* / Под ред. Заалишвили В. Б. – Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН, 2017а. – 919 с. – С. 507-513.

4. Алборов И. Д., Бурдзиева О. Г. Воздействие геофизических параметров ландшафта на качество окружающей среды (статья в коллективной монографии) // *«Геолого-геофизические исследования глубинного строения Кавказа: геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований»* / Под ред. Заалишвили В. Б. – Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН, 2017б. – С. 514-518.

5. Архиреева И. Г., Гогичев Р. Р., Дзугкоев А. Р. К вопросу оценки сейсмического риска территории г. Владикавказа (статья в коллективной монографии) // *«Геолого-геофизические исследования глубинного строения Кавказа: геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований»* / Под ред. Заалишвили В. Б. – Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН, 2017а. – С. 144-156

6. Архиреева И. Г., Гогичев Р. Р., Дзугкоев А. Р. Оценка классов уязвимости застройки территории г. Владикавказа // *Грозненский естественнонаучный бюллетень*. – 2017б. – № 4 (8). – С. 11-19.

7. Баласанян С. Ю., Назаретян С. Н., Амирбекян В. С. Сейсмическая защита и её организация. // Гюмри: Эльдорадо, 2004. – 436 с.

8. Бурдзиева О.Г., Разоренов Ю.И., Дзеранов Б.В. Особенности мониторинга при подземной разработке старых месторождений // Геология и геофизика Юга России. – 2017. – №2. – С. 13-25.

9. Гогичев Р.Р., Дзеранов Б.В. Изменение качественных характеристик подземных вод осетинского артезианского бассейна // Геология и геофизика Юга России. – 2017. – №4. – С. 5-21.

10. Гогмачадзе С.А., Заалишвили З.В., Отинашвили М.Г., Шенгелия Н.В. Рейтинговая оценка урбанизированной территории для целей страхования. Теория сооружений и сейсмостойкость / Сб. трудов ИСМиС, АНГ. – Тбилиси. – 2003. – №3. – С. 46-54.

11. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (принят ГД ФС РФ 22.12.2004) // «Парламентская газета». – №5-6, 14.01.2005.

12. Дзеранов Б.В., Гогичев Р.Р., Джусоева Н.Г. Использование ГИС-технологий при оценке качества подземных вод Республики Северная Осетия-Алания // Геология и геофизика Юга России. – 2017. – №3. – С. 40-56.

13. Заалишвили В.Б. Физические основы сейсмического микрорайонирования / Монография. – М.:ОИФЗ РАН, 2000. – 367 с.

14. Заалишвили З.В., Мельков Д.А., Короткая Н.А., Дзеранов Б.В. Рейтинговая оценка грунтовых условий территории / Труды I Кавказской международной школы-семинара молодых учёных «Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе». – Владикавказ. – 2006.

15. Заалишвили В.Б., Аракелян А.Р., Макиев В.Д., Мельков Д.А. К вопросу сейсмического районирования территории республики Северная Осетия-Алания //Труды I международной конференции «Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа», Владикавказ, 20-22 сентября 2007. – Владикавказ. – 2008. – С. 263-278.

16. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С. Оценка сейсмической опасности урбанизированной территории на основе современных методов сейсмического микрорайонирования (на примере г. Владикавказа) // Труды международной научно-практической конференции «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки», Владикавказ, 22-23 мая 2010 г. – Владикавказ. – 2010. – С. 348-351.

17. Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В. Оценка сейсмической опасности территории РСО-Алания // Труды научно-практической конференции «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки». – Владикавказ. – 2010. – С. 342-345.

18. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Габараев А.Ф., Дзедобоев Б.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев В.Д. Использование микросейсм при уточнении карт инженерно-геологического районирования территории, являющихся основой сейсмического микрорайонирования // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 10-летию со дня основания КНИИ РАН «Наука и образование в Чеченской республике: состояние и перспективы развития» 7 апреля 2011 г. – Грозный: КНИИ РАН, 2011а. – С. 335-342.

19. Заалишвили В.Б., Рогожин Е.А. Оценка сейсмической опасности территории на основе современных методов детального районирования и сейсмического микрорайонирования // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – М.: ВНИИСТ, 2011. – №3. – С. 31-43.

20. Заалишвили В.Б., Джгамадзе А.К. Инженерно-геологическое районирование города Ардон РСО-Алания // Труды IV Кавказской международной школы-семинара молодых ученых «Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе» Владикавказ, 24-26 октября 2011 г. – Владикавказ. – 2011. – С. 102-106.

21. Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В., Габараев А.Ф. Актуализация карт сейсмической опасности территории Республики Северная Осетия-Алания // Труды IV Кавказской международной школы-семинара молодых ученых «Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе», Владикавказ, 24-26 октября 2011 г. – Владикавказ. – 2011б. – С. 155-167.

22. Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В., Габараев А.Ф. Оценка сейсмической опасности территории и построение вероятностных карт // Геология и геофизика Юга России. – 2011 в. – № 1. – С. 48-58.

23. Заалишвили В.Б., Джгамадзе А.К. О создании карт инженерно-геологического районирования территорий населённых пунктов Республики Северная Осетия-Алания, как основы сейсмического микрорайонирования // Материалы II Всероссийской научно-технической конференции “Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа”, 8-12 ноября 2012 г. – Грозный. – 2012. – С. 442-446.

24. Заалишвили В.Б. К вопросу создания единой карты детального сейсмического районирования // Материалы Международного симпозиума «Устойчивое развитие: Проблемы, Концепции, Модели» посвященного 20-летию КБНЦ РАН, ФГБУН КБНЦ РАН, Том II, 28 июня-3 июля 2013 г. – Нальчик. – 2013. – С. 106-110.

25. Заалишвили В.Б., Кануков А.С. Интеграция базы данных геологической информации в моделирующую геоинформационную систему (статья в коллективной монографии) // Коллективная монография по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа», 6-9 декабря 2017 г. – Ессентуки, Грозный. – 2017. – С. 82-88.

26. Кануков А.С. Интеграция базы данных геологической информации в систему геоинформационного моделирования // Геология и геофизика Юга России. – 2017а. – №3. – С. 57-66.

27. Кануков А.С. Обеспечение безопасного доступа к веб-интерфейсу системы геоинформационного моделирования с информационной базой данных о сейсмичности и сейсмических рисках // Геология и геофизика Юга России. – 2017б. – №4. – С. 48-57.

28. Мамышева Е.Г., Загоруйко А.Е. Обзор технологических платформ для формирования ИСОГД // Управление развитием территории. – 2010. – №3. – С. 70-72.

29. Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification. Version: 1.1.0 (revision 4). OGC® Implementation Specification OGC 05-078r4. Ed. Dr. Markus Lupp. Date: 2007-06-29. 2007. 53 p. URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=22364.

DOI: 10.23671/VNC.2018.2.14354

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM WITH SUPPORT FOR MODELING THE EFFECTS OF DANGEROUS NATURAL AND MAN-MADE PROCESSES

© 2017 A. S. Kanukov, Sc. Candidate (Tech.), D. A. Melkov, Sc. Candidate (Tech.),

Geophysical institute VSC RAS, Russia, 362002, RNO-Alania, Vladikavkaz,
Markov Str., 93 a, e-mail: cgi_ras@mail. ru

On the basis of modern technologies developed structural-functional model «Information system for urban planning». This model is used as a basis for creating a modeling geographic information system. At the same time, an information database on seismicity and seismic risks is integrated into the system as a separate structural element, includes maps of detailed seismic zoning (DSR) of the Republic of North Ossetia-Alania and maps of seismic microzoning of the territory of settlements-administrative centers of the Republic of North Ossetia-Alania.

The methods of estimation of possible social and economic losses from possible earthquakes of different intensity are considered and the method of seismic risk assessment is developed. On their basis, the algorithm of «introduction» of a technique of an assessment of seismic risk in information systems of providing town-planning activity is offered. The use of the developed methodology for assessing the seismic risk of the territory allows you to directly calculate the soil rating and seismic risk of the territory.

On the territory of Vladikavkaz allocated areas with different soil conditions. Based on available data created the GIS project «Database of geological information of the Vladikavkaz city territory», which includes information about wells drilled on the city territory and the composition of the respective soils. This database is integrated into the newly developed system, which allows to use it as one of the main sources of information in the problems of modeling the expected consequences of dangerous natural and man-made processes.

Keywords: seismicity, micro-zoning, seismic risk, information system, geographic information system, GIS project, database, geo-information modeling, web service, cadastral system.

References

1. Alborov I. D., Burdzieva O. G., Madaeva M. Z. Biojekologicheskie problemy sodержaniya zabroshennykh mestorozhdenij rud cvetnykh metallov v gornyh otrogah Severnogo Kavkaza [Bioecological problems of the maintenance of the abandoned deposits of ores of non-ferrous metals in the mountain spurs of the North Caucasus]. *Jekologija urbanizirovannyh territorij*. 2017a, No. 1. Pp. 56-61. (in Russian)
2. Alborov I. D., Burdzieva O. G., Tedeeva F. G., Glazov A. P. Jekologicheskij risk v prirodno-tekhnicheskoy sisteme [Environmental risk in the natural-technical system]. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra RAN*. 2017b. No. 4 (71). Pp. 100-103. (in Russian)
3. Alborov I. D., Burdzieva O. G. Razvitie jekologicheskoy naprjazhennosti v zonah dobychi tverdyh poleznykh iskopaemykh na sklonah Vostochnogo Kavkaza (stat'ja v kollektivnoj monografii) [Development of ecological tension in the areas of mining of solid minerals on the slopes of the Eastern Caucasus (article in the collective monograph)]. «Geologo-geofizicheskie issledovaniya glubinnogo stroenija Kavkaza: geologija i geofizika Kavkaza: sovremennye vyzovy i metody issledovanij», Pod red. Zaalishvili V. B., Vladikavkaz: GFI VNC RAN, 2017a, 919 p., Pp. 507-513. (in Russian)
4. Alborov I. D., Burdzieva O. G. Vozdejstvie geofizicheskikh parametrov landshafta na kachestvo okruzhajushhej sredy (stat'ja v kollektivnoj monografii) [Impact of geophysical parameters of the landscape on the quality of the environment (article in the collective monograph)]. «Geologo-geofizicheskie issledovaniya glubinnogo stroenija Kavkaza: geologija i geofizika Kavkaza: sovremennye vyzovy i metody issledovanij», Pod red. Zaalishvili V. B., Vladikavkaz: GFI VNC RAN, 2017b, Pp. 514-518. (in Russian)

5. Arhireeva I. G., Gogichev R. R., Dzugkoev A. R. K voprosu ocenki sejsmicheskogo riska territorii g. Vladikavkaza (stat'ja v kollektivnoj monografii) [To the issue of seismic risk assessment of the territory of Vladikavkaz (article in the collective monograph)]. «Geologo-geofizicheskie issledovanija glubinnogo stroenija Kavkaza: geologija i geofizika Kavkaza: sovremennye vyzovy i metody issledovanij», Pod red. Zaalishvili V.B., Vladikavkaz: GFI VNC RAN, 2017a, Pp. 144-156. (in Russian)
6. Arhireeva I. G., Gogichev R. R., Dzugkoev A. R. Ocenka klassov ujazvimosti zastrojki territorii g. Vladikavkaza [Assessment of vulnerability classes for the construction of the territory of Vladikavkaz]. Groznenskij estestvennonauchnyj bjulleten'. 2017b, No. 4 (8). Pp. 11-19. (in Russian)
7. Balasanjan S. Ju., Nazaretjan S. N., Amirbekjan V. S. Sejsmicheskaja zashhita i ejo organizacija. [Seismic protection and its organization]. Gjumri: Jel'dorado, 2004. 436 p. (in Russian)
8. Burdzieva O. G., Razorenov Ju. I., Dzeranov B. V. Osobennosti monitoringa pri podzemnoj razrabotke staryh mestorozhdenij. [Features of monitoring for underground development of old deposits]. Geologija i geofizika Juga Rossii. 2017. No. 2, Pp. 13-25. (in Russian)
9. Gogichev R. R., Dzeranov B. V. Izmenenie kachestvennyh harakteristik podzemnyh vod osetinskogo artezijskogo bassejna. [Change in qualitative characteristics of underground waters of the Ossetian artesian basin]. Geologija i geofizika Juga Rossii. 2017. No. 4, Pp. 5-21. (in Russian)
10. Gogmachadze S. A., Zaalishvili Z. V., Otinashvili M. G., Shengelija N. V. Rejtingovaja ocenka urbanizirovannoj territorii dlja celej strahovanija. [Rating of the urbanized territory for insurance purposes]. Teorija sooruzhenij i sejsmostojkost', Sb. trudov ISMiS, ANG. Tbilisi. 2003. No. 3, Pp. 46-54. (in Russian)
11. Gradostroitel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 29.12.2004 N 190-FZ (prinjat GD FS RF 22.12.2004). [Urban Development Code of the Russian Federation of 29.12.2004 N 190-FZ (adopted by the State Duma of the Russian Federation on December 22, 2004)]. «Parlamentskaja gazeta». No. 5-6, 14.01.2005. (in Russian)
12. Dzeranov B. V., Gogichev R. R., Dzhusoeva N. G. Ispol'zovanie GIS-tehnologij pri ocenke kachestva podzemnyh vod Respubliki Severnaja Osetija-Alanija. [The use of GIS technologies in assessing the quality of groundwater in the Republic of North Ossetia-Alania]. Geologija i geofizika Juga Rossii. 2017. No. 3, Pp. 40-56. (in Russian)
13. Zaalishvili V. B. Fizicheskie osnovy sejsmicheskogo mikrorajonirovanija. [Physical basis of seismic microzonation]. Monografija. M.: OIFZ RAN, 2000. 367 p. (in Russian)
14. Zaalishvili Z. V., Mel'kov D. A., Korotkaja N. A., Dzeranov B. V. Rejtingovaja ocenka gruntovyh uslovij territorii. [Rating assessment of ground conditions of the territory]. Trudy I Kavkazskoj mezhdunarodnoj shkoly-seminara molodyh uchjonyh «Sejsmicheskaja opasnost' i upravlenie sejsmicheskim riskom na Kavkaze». Vladikavkaz. 2006. (in Russian)
15. Zaalishvili V. B., Arakeljan A. R., Makiev V. D., Mel'kov D. A. K voprosu sejsmicheskogo rajonirovanija territorii respubliki Severnaja Osetija-Alanija. [To the issue of seismic zoning of the territory of the Republic of North Ossetia-Alania]. Trudy I mezhdunarodnoj konferencii «Opasnye prirodnye i tehnogennye geologicheskie processy na gornyh i predgornyh territorijah Severnogo Kavkaza», Vladikavkaz, 20-22 sentjabrja 2007. Vladikavkaz. 2008. Pp. 263-278. (in Russian)
16. Zaalishvili V. B., Mel'kov D. A., Dzeranov B. V., Kanukov A. S. Ocenka sejsmicheskoi opasnosti urbanizirovannoj territorii na osnove sovremennyh metodov sejsmicheskogo mikrorajonirovanija (na primere g. Vladikavkaza). [Seismic hazard assessment of the urbanized territory on the basis of modern methods of seismic microzonation (on the example of Vladikavkaz)]. Trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Molodye uchenye v reshenii aktual'nyh problem nauki», Vladikavkaz, 22-23 maja 2010 g. Vladikavkaz. 2010. Pp. 348-351. (in Russian)
17. Zaalishvili V. B., Dzeranov B. V. Ocenka sejsmicheskoi opasnosti territorii RSO-Alanija. [Seismic hazard assessment of the territory of North Ossetia-Alania]. Trudy nauchno-prakticheskoj

konferencii «Molodye uchenye v reshenii aktual'nyh problem nauki». Vladikavkaz. 2010. Pp. 342-345. (in Russian)

18. Zaalishvili V.B., Mel'kov D. A., Gabaraev A.F., Dzeboev B.A., Dzeranov B.V., Kanukov A.S., Shepelev V.D. Ispol'zovanie mikrosejsm pri utocnhenii kart inzhenerno-geologicheskogo rajonirovanija territorii, javljajushhihsja osnovoj sejsmicheskogo mikrorajonirovanija. [The use of microseisms in the specification of maps of engineering-geological zoning of the territory, which are the basis for seismic microzonation]. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoi konferencii, posvjashhennoj 10-letiju so dnja osnovanija KNII RAN «Nauka i obrazovanie v Chechenskoj respublike: sostojanie i perspektivy razvitija» 7 aprelja 2011 g. Groznyj: KNII RAN, 2011a. Pp. 335-342. (in Russian)

19. Zaalishvili V.B., Rogozhin E.A. Ocenka sejsmicheskoi opasnosti territorii na osnove sovremennyh metodov detal'nogo rajonirovanija i sejsmicheskogo mikrorajonirovanija. [Seismic hazard assessment of the territory based on modern methods of detailed zoning and seismic microzonation]. Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij. M. VNIINTPI, 2011. No. 3, Pp. 31-43. (in Russian)

20. Zaalishvili V.B., Dzhgamadze A.K. Inzhenerno-geologicheskoe rajonirovanie goroda Ardon RSO-Alanija. [Engineering-geological zoning of the city of Ardon North Ossetia-Alania]. Trudy IV Kavkazskoj mezhdunarodnoj shkoly-seminara molodyh uchenyh «Sejsmicheskaja opasnost' i upravlenie sejsmicheskim riskom na Kavkaze» Vladikavkaz, 24-26 oktjabrja 2011 g. Vladikavkaz. 2011. Pp. 102-106. (in Russian)

21. Zaalishvili V.B., Dzeranov B.V., Gabaraev A.F. Aktualizacija kart sejsmicheskoi opasnosti territorii Respubliki Severnaja Osetija-Alanija. [Updating maps of seismic hazard of the territory of the Republic of North Ossetia-Alania]. Trudy IV Kavkazskoj mezhdunarodnoj shkoly –

seminara molodyh uchenyh «Sejsmicheskaja opasnost' i upravlenie sejsmicheskim riskom na Kavkaze», Vladikavkaz, 24-26 oktjabrja 2011 g. Vladikavkaz. 2011b. Pp. 155-167. (in Russian)

22. Zaalishvili V.B., Dzeranov B. V., Gabaraev A. F. Ocenka sejsmicheskoi opasnosti territorii i postroenie verojatnostnyh kart. [Seismic hazard assessment of the territory and construction of probability maps]. Geologija i geofizika Juga Rossii. 2011v. No. 1. Pp. 48-58. (in Russian)

23. Zaalishvili V.B., Dzhgamadze A.K. O sozdanii kart inzhenerno-geologicheskogo rajonirovanija territorij naseljonnyh punktov Respubliki Severnaja Osetija-Alanija, kak osnovy sejsmicheskogo mikrorajonirovanija. [On the creation of maps of engineering and geological zoning of the territories of populated areas of the Republic of North Ossetia-Alania, as the basis for seismic microzoning]. Materialy II Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoi konferencii «Sovremennye problemy geologii, geofiziki i geojekologii Severnogo Kavkaza», 8-12 nojabrja 2012 g. Groznyj. 2012. Pp. 442-446. (in Russian)

24. Zaalishvili V.B. K voprosu sozdanija edinoj karty detal'nogo sejsmicheskogo rajonirovanija. [On the issue of creating a single map for detailed seismic zoning]. Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Ustojchivoe razvitie: Problemy, Konceptii, Modeli» posvjashhenno 20-letiju KBNC RAN, FGBUN KBNC RAN, Tom II, 28 ijunja-3 ijulja 2013 g. Nal'chik. 2013. Pp. 106-110. (in Russian)

25. Zaalishvili V.B., Kanukov A.S. Integracija bazy dannyh geologicheskoi informacii v modelirujushhiju geoinformacionnuju sistemu (stat'ja v kollektivnoj monografii). [Integration of a geological information database into a modeling geoinformation system (an article in a collective monograph)]. Kollektivnaja monografija po materialam VII Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoi konferencii «Sovremennye problemy geologii, geofiziki i geojekologii Severnogo Kavkaza», 6-9 dekabrja 2017 g. Essentuki, Groznyj. 2017. pp. 82-88. (in Russian)

26. Kanukov A.S. Integracija bazy dannyh geologicheskoi informacii v sistemu geoinformacionnogo modelirovanija. [Integration of geological information database into the system of geoinformation modeling]. Geologija i geofizika Juga Rossii. 2017a. No. 3, Pp. 57-66. (in Russian)

27. Kanukov A.S. Obespechenie bezopasnogo dostupa k veb-interfejsu sistemy geoinformacionnogo modelirovanija s informacionnoj bazoj dannyh o sejsmichnosti i sejsmicheskikh riskah. [Providing secure access to the web interface of the geoinformation modeling system with an information database on seismicity and seismic risks]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2017b. No. 4. pp. 48-57. (in Russian)

28. Mamysheva E. G., Zagorujko A. E. Obzor tehnologicheskikh platform dlja formirovanija ISOGD. [Overview of technological platforms for the formation of Information System Designed for City Planning]. *Upravlenie razvitiem territorii*. 2010. No. 3, Pp. 70-72. (in Russian)

29. Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification. Version: 1.1.0 (revision 4). OGC® Implementation Specification OGC 05-078r4. Ed. Dr. Markus Lupp. Date: 2007-06-29. 2007. 53 p. URL: http://portal. opengeospatial. org/files/?artifact_id=22364.