

УДК 622.86

## К ВОПРОСУ ОБ ОБЕСПЕЧЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ

**Копылов И.С., Коноплев А.В., Голдырев В.В., Кустов И.В., Красильников П.А.**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
Пермь, e-mail: georif@yandex.ru*

Инженерно-геологическая и экологическая обстановка территорий многих городов мира очень сложна, обусловлена рядом факторов природного и техногенного характера, что создает реальную угрозу для здоровья проживающего в них населения и оказывает негативное воздействие на строительные сооружения. На этих территориях особенно сложно осуществлять рациональное природопользование и освоение подземного пространства городов. В Российской Федерации для многих крупных городов (Москва, Санкт-Петербург, Пермь и др.) существует много однотипных геологических проблем, которые влияют на здания и сооружения и на человека. Основные из них следующие: проблема опасных геологических и природно-техногенных процессов; проблема геодинамической опасности (зоны повышенной трещиноватости, формирующие геодинамические активные зоны, определяющие активность геологических процессов и уязвимость инженерно-строительных сооружений); проблема геохимической опасности (загрязненность почв, подземных вод опасными химическими веществами, в первую очередь, тяжелыми металлами, агрессивными к строительным конструкциям и коммуникациям); проблема подработанных пространств города.

**Ключевые слова:** геологическая безопасность, риски, воздействие на объекты окружающей среды, влияние на безопасность и здоровье человека, управленческие решения

## ON THE GEOLOGICAL SAFETY PROBLEM OF URBAN DEVELOPMENT

**Kopylov I.S., Konoplev A.V., Goldyrev V.V., Kustov I.V., Krasilnikov P.A.**

*Perm State National Research University, Perm, e-mail: georif@yandex.ru*

Engineering-geological and ecological situation of many urban territories in the world is very difficult. It is caused by the number of natural and anthropogenic factors which really endanger the citizens' health and negatively influence the constructions. It is particularly difficult to carry out conservancy and development of cities' underground space there. In many metropolises of Russian Federation there are a number of geological single-type problems in the sphere of geological engineering, geoecology, hydrogeology, hydrodynamics, geochemistry which forms urban geological safety risks. The main problems are: destructive geological and natural-anthropogenic processes. The next problem is the problem of hydrodynamic danger, namely the areas of high jointing forming hydrodynamic active areas which determine the activity of geological processes and vulnerability of construction engineering facilities. Two more problems are as follows: the problem of geochemical danger, namely soil and underground water pollution with such dangerous chemical agents as heavy metals, corrosive to building constructions and communications, and the last but not least is the problem of undermined urban spaces

**Keywords:** geological safety, geological safety risks, impact on the environment, impact on safety and health, management decisions

В настоящее время проводят много исследований для обеспечения безопасности и минимизации угрозы здоровью и жизни населения. Мировым научным сообществом затрагиваются и проводятся научные исследования по оценке карстоопасности, вулканической опасности, тектонической, учитываются инженерно-геологические особенности территории, но зачастую эти процессы рассматриваются обособленно друг от друга и решаются различными организациями и ведомствами. Таким образом, для принятия управленческих решений в сфере развития городов различными ведомственными структурами, такими, как департаменты строительства и архитектуры, при составлении планов застройки и освоения территории городских округов учитываются социально-экономические условия и инфраструктурные особенности территории и практически не учитываются возможные геологические риски. Оценка геологических условий происходит лишь на стадии

строительства, при проведении инженерно-геологических изысканий, что приводит к негативным последствиям (деформация или даже разрушение зданий и сооружения) (рис. 1). Конечно, существуют различные технологии для укрепления разрушающихся объектов, но борьба с последствиями всегда обходится дороже.

### Существующие геологические проблемы городов

Современная концепция безопасной эксплуатации и развития территорий градопромышленных комплексов основана на идее принятия и внедрения «опережающей стратегии безопасного развития» территорий. В основе этой стратегии находится градостроительное планирование с учетом природных рисков, управление развитием природно-техногенных процессов и явлений, принятие оперативных решений, основанных на системе прогнозирования возникновения ситуаций снижения устойчивости территории, связанных в основном

с возникновением и развитием опасных природных процессов. Базовым принципом стратегии является предупреждение и прогнозирование, а не ликвидация последствий опасных процессов и явлений.



Рис. 1. Деформация жилого дома

Инженерно-геологическая и экологическая обстановка территорий многих городов мира очень сложна, обусловлена рядом факторов природного и техногенного характера, что создает реальную угрозу для здоровья проживающего в них населения и оказывает негативное воздействие на строительные сооружения. На этих территориях особенно сложно осуществлять рациональное природопользование и освоение подземного пространства городов.

Например, в Российской Федерации для многих крупных городов (Москва, Санкт-Петербург, Пермь и др.) существует много однотипных геологических проблем в области инженерной геологии, геоэкологии, гидрогеологии, геодинамики, геохимии, которые формируют существующие и возможные угрозы (опасности) геологической безопасности города. Основные из них следующие: проблема опасных геологических и природно-техногенных процессов (подтопление, заболачивание, оползни, абразия и переработка берегов водохранилищ, различные виды эрозии, карстовые, суффозионные процессы, деформация земной поверхности над подземными горными выработками и др.); проблема геодинамической опасности (зоны повышенной трещиноватости, формирующие геодинамические активные зоны, определяющие активность геологических процессов и уязвимость инженерно-строительных сооружений); проблема геохимической опасности (загрязненность почв, подземных вод опасными химическими веществами, в первую очередь, тяжелы-

ми металлами, агрессивными к геологической среде – грунтов и вод к строительным конструкциям и коммуникациям); проблема подработанных пространств города и др.

#### **Основные цели и задачи, которые необходимо решать для обеспечения геологической безопасности урбанизированной территории**

Цель исследования – формирование системы обеспечения геологической безопасности при комплексном освоении крупных городов, создание научно обоснованной системы прогноза геологической опасности и, как результат, снижение геологических и других рисков, рациональное использование подземного пространства, решение вопросов геологической безопасности и экологии; в конечном итоге – создание геологически безопасной среды обитания нынешнего и будущих поколений людей на территории городов.

Идеология проекта предполагает:

- повышение уровня защиты населения и инженерных объектов различных уровней ответственности территории городов от геологических опасностей;
- надежное прогнозирование мест проявления и своевременное предупреждение негативных последствий от геологических процессов и явлений с минимальными затратами и с максимальным экономическим, социальным и экологическим эффектом;
- организационно-методическое руководство, координацию и контроль проводимых мероприятий, информационный обмен об эффективности реализованных мероприятий в рамках комплексного крупномасштабного инженерно-геологического и геоэкологического картографирования и мониторинга опасных геологических и природно-техногенных процессов на различных уровнях его организации;
- создание единой геоинформационно-аналитической системы мониторинга, анализа и прогнозирования состояния геологической безопасности (ГИСГБ);
- создание концепции управления геологической безопасностью городов на основе ГИСГБ и современных методов эффективного менеджмента в области крупных социальных систем;
- создание целостной системы геологической безопасности города, позволяющей оценивать, прогнозировать, принимать управленческие решения и проводить практические мероприятия по предотвращению геологических угроз населению и инфраструктуре городов.

Результаты работы должны стать основой для долгосрочного планирования, разработки и реализации городских целевых

программ социально-экономического развития, градостроительных, экологических программ и планов действий, практической деятельности исполнительных органов государственной власти городских округов, органов местного самоуправления, организаций, реализующих в настоящее время проекты безопасного освоения и развития территорий, осуществляющих свою деятельность в промышленно-городских агломерациях или оказывающих услуги в сфере городского строительства, охраны окружающей среды, учебных и научных учреждений, а также общественных организаций и средств массовой информации.

Методически работы осуществляются следующим образом.

Сбор методических материалов по геологическим проблемам городов, при этом особое внимание следует уделить опыту стран ЕС и РФ. Предусматривается выезд в командировки с целью стажировок, обмена опытом и участия в международных конференциях.

Полевые исследования в пределах эталонных участков городских территорий путем проведения рекогносцировочных маршрутов с изучением инженерно-геологических условий, с обследованием участков опасных геологических и техногенных процессов, геодинамических активных зон, аварийных объектов и сооружений, техногенных объектов, месторождений строительных материалов, с опробованием почво-грунтов, подземных и поверхностных вод, снежного покрова. В лабораториях должны выполняться необходимые лабораторные исследования.

Проведение дистанционных исследований на основе дешифрирования современных цифровых космических снимков. С целью оценки геодинамической активности необходимо проводить линементно-геодинамический анализ территорий городов с выделением линементов (тектонических нарушений) и обработку данных с применением компьютерных технологий.

Картографическая основа территории крупных городов должна включать атлас карт (фактического материала, геологическая, четвертичных отложений, оргидрографическая, геоморфологическая, экзогенных геологических процессов, тектонической трещиноватости и геодинамических активных зон и др.). На первых этапах необходимо составлять предварительные карты, на последнем этапе – окончательные карты интегрального геологического риска. Обработку данных и составление всей картографической основы желательно проводить с использованием геоинформацион-

ных технологий в реальной системе координат, что позволит комплексно оценивать различные пространственно-ориентированные данные.

Необходимо разрабатывать принципы и критерии для создания крупномасштабных электронных картографических моделей геологической среды городских территорий, а также для создания единой геоинформационной системы, содержащей базу данных инженерно-геологической, гидрогеологической и геоэкологической информации.

В содержании концепции системы геологической безопасности освоения подземного пространства крупных городов необходимо отображать основные геологические проблемы городов в области инженерной геологии, гидрогеологии, геоэкологии, геодинамики, геохимии и пути преодоления этих проблем.

#### **Геологическая безопасность г.Перми**

Наиболее крупным и сложным в инженерно-геологическом отношении является Пермский городской мегаполис. Его природно-техническая система и геологическая среда являются во многом типичными для многих городов мира. Здесь существует много геологических проблем в области инженерной геологии, геоэкологии, гидрогеологии, геодинамики, геохимии, которые формируют существующие и возможные угрозы геологической безопасности города. Основные из них следующие: проблема опасных геологических и природно-техногенных процессов (подтопление, заболачивание, оползни, абразия и переработка берегов водохранилищ, различные виды эрозии, карстовые, суффозионные процессы, деформация земной поверхности над подземными горными выработками и др.); проблема геодинамической опасности (зоны повышенной трещиноватости, формирующие геодинамические активные зоны, определяющие активность геологических процессов и уязвимость инженерно-строительных сооружений); проблема геохимической опасности (загрязненность почв, подземных вод опасными химическими веществами, в первую очередь, тяжелыми металлами, агрессивными к геологической среде – грунтов и вод к строительным конструкциям и коммуникациям); проблема подработанных пространств города и др. [4, 6] (рис. 2).

На основе мирового и отечественного опыта общепризнанным инструментом решения проблем геологической безопасности городов считается комплексное инженерно-геологическое и геоэкологическое картографирование.



В 2010-2011 гг. ЛГМП ЕНИ ПГНИУ по заказу Департамента планирования и развития территории г. Перми была разработана Концепция геологической безопасности города Перми [6], в которой показаны пути преодоления геологических проблем, обозначены приоритеты в ее реализации. Основная цель Концепции – формирование системы обеспечения геологической

безопасности при комплексном освоении города, создание научно обоснованной системы прогноза геологической опасности, снижение геологических и других рисков, рациональное использование подземного пространства, решение вопросов экологии и геологической безопасности, создание геологически безопасной среды обитания нынешнего и будущих поколений людей.

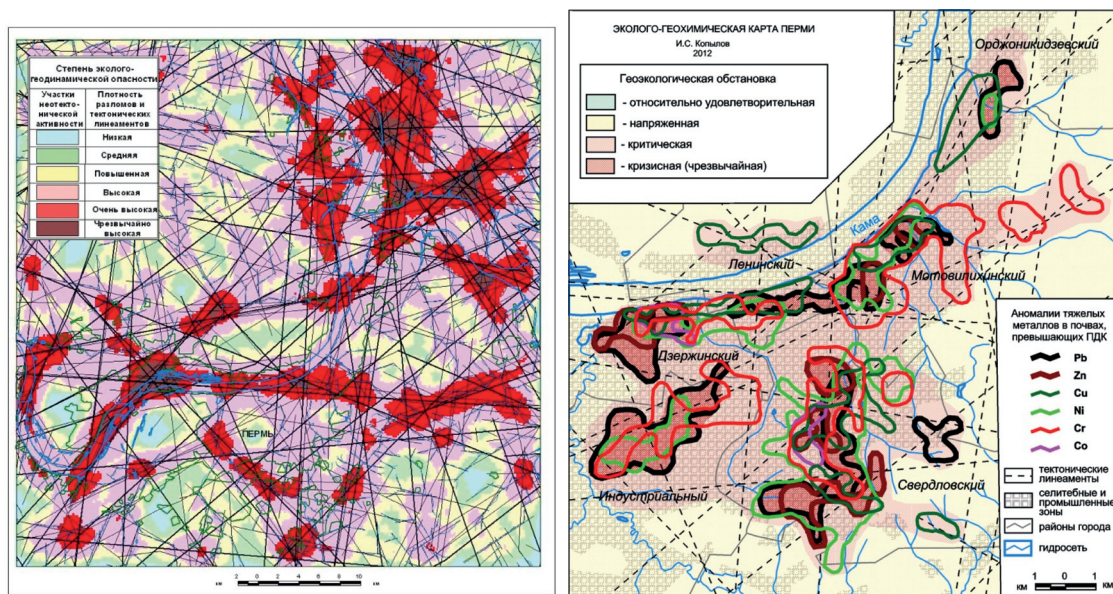


Рис. 2. Эколого-геодинамическая (слева) и геохимическая (справа) обстановка г. Перми

### Список литературы

1. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6.
2. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г. Осоевский Б.М. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – №10 (84). – С. 191-201.
3. Коноплев А.В., Копылов И.С., Пьянков С.В., Намов В.А., Ибламинов Р.Г. Разработка принципов и создание единой геоинформационной системы геологической среды г. Перми (инженерная геология и геоэкология) // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №. 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7893>.
4. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми как проявления факторов геодинамики и техногенеза // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1, Ч. 2. – С. 335-339.
5. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1.
6. Копылов И.С., Коноплев А.В., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоэкологические проблемы и геологическая безопасность урбанизированных территорий // Экологические проблемы антропогенной трансформации городской среды. – Пермь: Гос. нац. исслед. ун-т, 2014. – С. 143-147.

7. Инженерно-геологические и геоэкологические условия прибрежной зоны Камского водохранилища, осваиваемой для строительства объектов нефтедобычи / Чемус А.А., Красильников П.А., Пенский О.Г., Гершанок В.А., Карасева Т.В. // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. URL: [www.science-education.ru/106-7777](http://www.science-education.ru/106-7777).
8. Красильникова С.А., Красильников П.А., Коноплев А.В., Геоинформационное обеспечение гидродинамического моделирования оценки эффективности проектируемой дренажной системы микрорайона Усольский г. Березники Пермского края // ГЕОЭКОЛОГИЯ. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. – 2013. – № 10 (часть 14). – С. 3161-3165. URL: [www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=10002249](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10002249)
9. Красильников П.А., Коноплев А.В., Кустов И.В., Красильникова С.А. Геоинформационное обеспечение инженерно-экологических изысканий // Фундаментальные исследования. – 2013. № 10 (часть 14). – С. 3161-3165. URL: [www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=10002249](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10002249)

### References

1. Kopylov, I.S. Principy i kriterii integralnoi ocenki geoeologicheskogo sostoyaniya prirodnih i urbanizirovannyh territorii // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2011. – no. 6.
2. Kopylov I.S., Konoplev A.V., Iblaminov R.G., Osoveckii B.M., Regional'nye faktory formirovaniya inzhenerno-geologicheskikh uslovii territorii Permskogo kraja // Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi jurnal

Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – no. 10 (84). – pp. 191–201.

3. Konoplev A.V., Kopylov I.S., Pyankov S.V., Naumov V.A., Iblaminov R.G. Razrabotka principov i sozdanie edinoi geoinformacionnoi sistemy geologicheskoi sredy g. Permi (inzhenernaya geologiya i geokologiya) // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. – 2012. – no. 6; URL: <http://www.science-education.ru/106-7893>.

4. Kopylov I.S. Anomalii tyazelyh metallov v pochvah i snezhnom pokrove goroda Permi, kak proyavleniya faktorov geodinamiki i tehno geneza // *Fundamental'nye issledovaniya*. – 2013. – no. 1, Ch 2. – pp. 335–339.

5. Kopylov I.S., Konoplev A.V. Metodologiya ocenki i raionirovaniya territorii po opasnostyam i riskam vozniknoveniya chrezvychainyh situatsii kak osnovnogo rezul'tata deistviya geodinamicheskikh i tehno gennykh processov // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. – 2014. – no. 1.

6. Kopylov I.S., Konoplev A.V., Krasil'nikov P.A., Kustov I.V. Geokologicheskije problemy i geologicheskaya bezopasnost' urbanizirovannyh territorii // *Ekologicheskije problemy antropogennoi transformatsii gorodskoi sredy*. – Perm': gos. nac. issled. un-t. – 2014. – pp. 143–147.

7. Inzhenerno-geologicheskije i geokologicheskije usloviya pribrejnoi zony kamskogo vodohranilisha, osvvaivamoj dlya stroitel'stva ob'ektov nefte dobychi / Chemus A.A., Krasil'nikov P.A., Penskiy O.G., Gershanok V.A., Karaseva T.V. // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. – 2012. – no. 6; URL: [www.science-education.ru/106-7777](http://www.science-education.ru/106-7777).

8. Krasil'nikova S.A., Krasil'nikov P.A., Konoplev A.V. Geoinformacionnoe obespechenie gidrodinamicheskogo modelirovaniya ocenki effektivnosti proektiruemoi drenajnoi sistemy mikrorajona Usol'skii g. Berezniki Permskogo kraja // *GEO-EKOLOGIYA. Inzhenernaya geologiya. Hidrogeologiya. Geokriologiya*. – 2013. – no. 10 (chast' 14). – str. 3161–3165; URL: [www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=10002249](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10002249)

9. Krasilnikov P.A., Konoplev A.V., Kustov I.V., Krasil'nikova S.A. GEOIN-FORMACIONNOE OBESPECHENIE INJENERNO-EKOLOGICHESKIH IZYSKANII // *Fundamental'nye issledovaniya*. – 2013. – no. 10 (chast' 14). – str. 3161–3165; URL: [www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=10002249](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10002249)

**Рецензенты:**

Середин В.В., д.г.-м.н., профессор, заведующий кафедрой инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

Ибламинов Р.Г., д.г.-м.н., заведующий кафедрой минералогии и петрографии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 24.06.2014.