

Катаев В.Н., Костарев В.П., Малахов В.Е. Опасные геологические процессы и специфические грунты Пермской градопромышленной агломерации // Мат-лы Международ. конф. «Город и геологические опасности». Ч.1. СПб, 2006. С. 83-90

**Катаев В.Н.**

*Пермский государственный университет*

*614990, Пермь, ул. Букирева, 15*

**Костарев В.П.**

**Малахов В.Е.**

*ВерхнеКамТИСИЗ*

*614016, Пермь, ул. Куйбышева, 52*

## **ОПАСНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ГРУНТЫ ПЕРМСКОЙ ГРАДОПРОМЫШЛЕННОЙ АГЛОМЕРАЦИИ**

Нормативными документами (СНиП II-7-81\*, 2.01.01-82, 2.01.15-90, 22-02-2003, РОСН 2-90 и др.) Пермский край относится к территориям с высоким уровнем развития геологических процессов, в том числе весьма опасных. Из 20 классифицированных СНиП 22-01-95 по категориям опасности природных процессов 14 и 8 из 11, рассмотренных в СНиП 22-02-2003, в той или иной мере развиты на территории Пермской градопромышленной агломерации (табл.) и должны быть учтены при строительстве. Перечень дополняется многочисленными техногенными и техноприродными процессами. Опасность их проявления на территории города возрастает, а принятый генплан г. Перми и концепция комплексной застройки городской территории, разрабатываемые правила застройки и землепользования не всегда учитывают риски строительного освоения площадей, подверженных геологическим опасностям.

Территория центральной части города (Егошихинско-Данилихинское междуречье), считавшаяся при разработке первого генплана в 30-х гг. прошлого столетия «абсолютно неподтопляемой, в настоящее время относится к практически подтопленной. Подтопление по наносимому социально-экономическому ущербу занимает ведущее место и во многом определяет развитие других инженерно-геологических процессов: карстово-суффозионных, затопления, заболачивания, просадочности лёссовидных суглинков, оползней, эрозии, формирования агрессивной (к строительным конструкциям) геологической среды (грунтов и вод). Перерабатываются берега камских водохранилищ. Активно развивается техногенная суффозия, особенно по трассам строящегося главного канализационного коллектора («миниметро») и старых водонесущих коммуникаций: провалы и просадки поверхности достигают значительных размеров [1]. Обширны площади подработанных горными выработками (в период становления города в XVIII – XIX веках) территорий. Повышается сейсмоопасность.

Таблица

### **Распространение опасных геологических процессов и явлений на территории г. Перми**

Административные районы	Инженерно-геологические процессы и явления												
	АГС	В	Зб	Зг	КС	Об	Оп	ПрБ	ПрГ	ПрТ	Пг	Э	Эол
Дзержинский	++	+	+++	+++	+++	-	+	++	+	++	+++	+	-
Индустриальный	++	++	+	++	++	+	+	+	++	+++	+++	++	-
Кировский	+++	+	+++	++	+	-	+	+++	+	+	+++	+	+
Ленинский	++	++	+++	+++	++	+	+	+++	+	++	+++	+	+
Мотовилихинский	++	+++	+++	++	++	+	++	++	++	+++	++	+++	+

Орджоникидзевский	+++	+++	++	++	++	+	++	+++	+	++	+++	++	-
Свердловский	+++	+++	+	-	+++	+	++	-	++	+++	+++	++	-

*Условные обозначения:* АГС – агрессивная к строительным конструкциям и коммуникациям геологическая среда (воды и грунты); В – выветривание (формирование трещиноватой и крупнообломочной зон коры выветривания); Зб – заболачивание; Зт – затопление; КС – карстово-суффозионные (в том числе выщелачивание линз сульфатных пород в терригенных отложениях); Об – обвалы и осыпи; Оп – оползни и оплывины (включая солифлюкционные); ПрБ – переработка берегов водохранилищ; ПрГ – просадочность лёссовидных грунтов; ПрТ – горно-геологические, связанные с подработанными территориями (горные выработки XVIII – XIX вв.); Пт – подтопление; Э – эрозионные; Эол – золовые (развевание, перенос и переотложение песчаных и пылеватых грунтов).

Активность проявления процессов на отдельных участках: +++ - сильная; ++ - средняя; + - слабая; - отсутствует.

Подтопление, как самый распространенный по площади процесс, фактически начинается уже на стадии предпроектной подготовки строительных площадок, продолжается при строительстве и в дальнейшем развивается и достигает максимума (при отсутствии предупреждающих и защитных мероприятий) в период эксплуатации зданий и сооружений.

Многообразны источники и факторы подтопления. Основными среди них, применительно к территории г. Перми, являются: подпоры подземных вод со стороны Камского и Воткинского водохранилищ; наличие слабоводопроницаемых пылевато-глинистых отложений; многочисленные предприятия, использующие «мокрые» технологии (водоемкие производства); низкая естественная дренируемость значительной части площадей градопромышленной агломерации; частые утечки по причине изношенности из водонесущих коммуникаций; нарушение поверхностного стока при строительстве; значительное распространение насыпных грунтов – дополнительных коллекторов грунтовых вод; барражный эффект подземных частей зданий и сооружений, их фундаментов; дополнительная конденсация влаги и снижение её испарения под зданиями и асфальто-бетонными покрытиями.

На некоторых промплощадках (Пермнефтеоргсинтез) скорость подтопления в начальный период достигала 0,5 – 1 м/год, а катастрофические утечки из водонесущих коммуникаций (в частности из канализационного коллектора) и сегодня способны в определенных инженерно-геологических условиях привести к аварийным ситуациям («падающий» многоквартирный дом на ул. Гашкова)

Значительна степень потенциальной подтопляемости городской территории. Оценка её на основе систематизации и анализа фондовых материалов и результатов наблюдений за режимом подземных вод выполнена в первой половине 80-х гг. XXв. Составленный комплект карт (масштаба 1:25 000) природных условий (геоморфология, интенсивность глубинной эрозии, литологические типы разреза, изопахиты и глубины залегания песчано-гравийно-галечниковых отложений, гидрогеология и др.) и карт-схем техногенных факторов (плотности и типов застройки, плотности водонесущих коммуникаций, антропогенных изменений рельефа с учетом влияния камских водохранилищ) позволили провести оценку существующего подтопления и потенциальной подтопляемости застроенных и осваиваемых площадей. Выделены практически подтопленные, потенциально подтопляемые и условно неподтопляемые территории.

В основу оценки (схематизации) природных условий положены литологический тип разреза, геоморфологическая приуроченность и интенсивность глубинной эрозии (определяющие естественную дренируемость территории), а также характеристика гидрогеологической обстановки: тип водоносного горизонта, глубина залегания подземных вод и их уровень режим.

На территории города установлены все подвиды режима грунтовых вод (Коноплянец, Лушников, 1979): естественного (внешние по отношению к районам застройки лесопар-

ковые зоны), слабонарушенного (во внутренних парках и скверах, в районах частной застройки с малой плотностью водонесущих коммуникаций), техногенно-компенсированного (на участках давней застройки, в основном с высоким уровнем грунтовых вод) и техногенно-декомпенсированного (на участках недавней застройки). Даже на участках последнего типа режима влияние естественных факторов существенно и прослеживается в первую очередь в сезонных колебаниях уровней.

В зависимости от схемы природных условий и типа застройки по водопотреблению потенциально подтопляемые территории (с глубиной залегания грунтовых вод более 4 м) делятся на группы (типы) по степени уязвимости. Наиболее подвержены подтоплению выровненные площадки IV камской террасы и высокой равнины, сложенные глинистыми грунтами с глубиной залегания грунтовых вод 4 – 10 м и застроенные предприятиями нефтехимической и машиностроительной промышленности [5].

Построены гидрохимические карты левобережья г. Перми по содержанию в грунтовых водах основных агрессивных компонентов. Зафиксированы 194 фации шести гидрохимических формаций (по Г.А. Максимовичу, 1955), пять из которых (сульфатная, хлоридная, нитратная, кальциевая и натриевая) азональные, обусловленные антропогенным загрязнением. При этом, воды азональных гидрохимических формаций отмечены в 33% проб, а агрессивными свойствами эти воды обладали в 80 случаях из 100 [2].

Прошло более 20 лет. Принят новый генплан города. Разрабатываются правила застройки и землепользования. Необходимо обновление карт. Несмотря на принятое Правительством РФ постановление (№ 306 от 21.03.1996) «О мерах по защите от подтопления территорий Российской Федерации» с соответствующими рекомендациями органам исполнительной власти субъектов РФ, исследования по этой тематике на территории г. Перми так и не были начаты. Необходимо возобновить стационарные наблюдения за режимом подземных вод, что особенно важно для освоения микрорайона «Камская долина» (центр правобережья города).

Относительная высота склонов р. Камы 25 – 60 м, а многочисленных (особенно левых) её притоков – 15 – 45 м. Склоны эрозионные и делювиальные с крутизной до 30 – 35° и более. Оползни в коренных породах (терригенных верхней перми), часто сильно выветрелых (до рыхляков и глины), сильно трещиноватых, но залегающих горизонтально, весьма редки и возникают лишь при высоте почти вертикального берегового уступа более 40 – 45 м [9]. Оползни, как правило, встречаются в четвертичных отложениях, а в техногенных грунтах оползни обычны и наиболее опасны. В пределах участков городской застройки широко известны оползни на склонах левобережных притоков Камы – рр. Егошихи, Данилихи, Ивы, Мотовилихи, Язовой. Основные причины их появления – отсутствие грамотной инженерной подготовки территории, бессистемная отсыпка разнородных (с бытовым мусором, снегом) грунтов без уплотнения, промораживание грунтов оснований, их замачивание, в том числе утечками из коммуникаций, плохая организация поверхностного стока, устройство на склонах канализационных коллекторов, бесконтрольность сооружения подпорных стенок.

При подтоплении и замачивании лёссовидных суглинков делювиальных склонов и высоких террас возникают просадочные явления. Широкого площадного распределения просадочные грунты не имеют, для них характерно прерывистое залегание преимущественно в интервале глубин от 2 до 8 м, но порой фиксируется II тип грунтовых условий по просадочности [4].

Установлены косвенные критерии просадочности [3]. Особое положение среди них, естественно, занимают влажностные характеристики, плотность и показатель  $J_{ss}$ . Но, диапазон колебаний последнего по нормативу [10] слишком широк и в него попадают многие непросадочные грунты. Действенность показателя повышается уточнением для различных разновидностей пылевато-глинистых грунтов Пермского региона верхнего значения параметра. Тестирование грунтов наиболее эффективно по показателю критической влажности

[7] и степени водонасыщения. Выявлены наиболее тесные связи (с коэффициентом корреляции до 0,8) относительной просадочности суглинков с их плотностью, плотностью сухого грунта и коэффициентом пористости [4].

В пределах Пермской градопромышленной агломерации высока плотность подземных горных выработок XVIII – XIX вв., связанных с поисками и разработкой медистых песчаников (Егошихинский медеплавильный завод – 1723 год, Мотовилихинский медеплавильный завод – 1738 год). Сотни рудников этих заводов на сегодняшний день погребены под поверхностью городской территории. Документация по рудникам, как правило, отсутствует, а та, что сохранилась в исторических архивах редко содержит конкретный материал, отражающий параметры рудников, их заполнение и местоположение. При возрастающей в пространстве и во времени интенсивности антропогенной нагрузки на территорию города увеличивается потенциальная опасность негативного проявления «неизвестных» выработок. Впервые с этим явлением Пермь столкнулась в 1961 году, когда в результате обрушения пород на поверхности образовалась провальная впадина диаметром 9 м (с ослабленной зоной в грунтах с поперечником до 17 м) и глубиной 4 м, а пятиэтажный жилой дом по ул. Крупской пришел в аварийное состояние. С тех пор подземные горные выработки прошлого не один раз заявляли о себе в микрорайонах и жилых массивах города: в Балатово, на Городских Горках, Иве, в Костарёво, Садовом. Прямой и косвенный (при спецобустройке зданий и сооружений) ущерб исчисляется многими сотнями миллионов рублей и с каждым годом умножается. Очевидно, что необходима разработка принципиально новой методики инженерно-геологических изысканий с вероятностной оценкой негативных проявлений выработок в различных инженерно-геологических условиях [6,7].

В конце 90-х гг. прошлого века ВерхнеКамГИСИЗ по результатам сбора и обработки имеющихся в территориальных фондах и архивах материалов инженерно-геологических и гидрогеологических исследований составлена схема (1:25 000) инженерно-геологических условий г. Перми, отражающая неблагоприятные (для строительства) факторы их формирования [6]: крутые склоны (от крутопокатых до очень крутых и обрывистых); затопляемые площади; заболоченные земли (в том числе возникающие в связи с хозяйственным освоением территории); участки возможного (по косвенным показателям) и очаги фактического распространения просадочных грунтов; подверженность оползневым процессам; положение (в соответствии с известными фактами и версиями) рудников и подземных горных выработок прошлых лет); участки повышенной интенсивности переработки берегов Воткинского и Камского водохранилищ; площади формирования насыпных и намывных грунтов; карстоопасные территории (на северной окраине агломерации, в устье р. Чусовой и севере п. Заозерье по правобережью – Хохловский карстовый участок). На сегодняшний день существует необходимость детализации данной схемы, укрупнения масштаба и повышения её кондиционности.

Помимо просадочных, на территории г. Перми распространены и другие, специфические (СП 11-105-97, часть III) и особые (СНиП 2.05.02-85), грунты, осложняющие строительство и требующие дополнительного и более тщательного изучения для использования их в качестве основания зданий, сооружений и грунтовых строительных материалов. Это набухающие, слабые (органично-минеральные и органические), техногенные, элювиальные, сильно- и чрезмерно пучинистые разности, аргиллиты и алевролиты, мергели. Мощность некоторых из них в активной зоне сжатия достигает 10 – 15 м.

В сложных геотехнических условиях города важна последовательная организация геотехномониторинга (или его элементов) для решения текущих и перспективных вопросов градостроительства, инженерно-геологического обоснования Правил застройки и землепользования г. Перми, особенно при реализации социально-экономической концепции генерального плана «от города-завода к мегаполису XXI века» Долина р. Егошихи (территория Первогорода) типична для левобережья Пермской градопромышленной агломерации, типичны и

опасные инженерно-геологические процессы, развитые на этой территории [7]. Отсюда значимость их изучения и отслеживания для развивающегося мегаполиса, снижения риска освоения и повышения безопасности населения.

Сегодня для города актуальны:

- работы по обобщению, систематизации и анализу материалов 40-летнего периода изысканий подземных горных выработок XVIII – XIX вв. с разработкой современной методики их поиска и разведки, оценки опасности и рекомендаций по инженерно-геологическим исследованиям;
- оценка устойчивости крутосклонных участков;
- изучение подтопления (режима подземных вод) и подтопляемости с целью их прогноза и разработки защитных мер;
- обследование площадей проектируемой реконструкции существующих жилых домов первых массовых серий;
- систематизация материалов по гидрогеохимическим условиям с оценкой агрессивности грунтов, подземных и поверхностных вод к строительным конструкциям и выдачей рекомендаций по их изучению при инженерных изысканиях;
- разработка территориальных строительных норм по инженерно-геологическим изысканиям;
- анализ изменяющейся инженерно-геологической обстановки в полосе главного разгрузочного канализационного коллектора диаметром 3,2 м, прокладываемого на глубинах до 20 м в сложных геотехнических условиях;
- составление ГИС-проектов, содержащих базы данных и соответствующие атрибутивные слои, отражающие пораженность территории градопромышленной агломерации опасными геологическими процессами и степень их изученности.

#### ***Библиографический список***

1. Катаев В.Н. Суффозионные деформации в зоне влияния городского канализационного коллектора // Экология города. Материалы региональной научно-практической конференции / Пермский ун-т. - Пермь, 1998. - С. 71-74.
2. Костарев В.П. Химический состав, агрессивные свойства грунтовых вод и особенности их формирования в условиях градопромышленных агломераций Западного Урала // Проблемы гидрогеологии Урала. – Свердловск, 1983. – С.35-37.
3. Костарев В.П. Оценка просадочности глинистых грунтов // Информ. лист. Перм. ЦНТИ, 1987, № 282-87. – 4с.
4. Костарев В.П., Малахов В.Е., Абросимов Э.И. К характеристике грунтовых условий II типа по просадочности г. Перми // Сергеев. чтения. Вып. 2. – М.: ГЕОС, 2000. – С. 208-212.
5. Костарев В.П., Малахова Т.Е. О подтоплении г. Перми // Инж.-геол. исслед. и оценка техногенного подтопления в Урал. регионе. – Свердловск, 1986. – С. 36-37.
6. Костарев В.П. и др. О распространении опасных геологических процессов на территории г. Перми // Экология города. Материалы региональной научно-практической конференции / Пермский ун-т. Пермь – Пермь, 1998. – С. 77-79.
7. Костарев В.П., Скритина О.А. Опасные инженерно-геологические процессы и специфические грунты Егошихинской долины г. Перми // Сергеев. чтения. Вып. 5. – М.: ГЕОС, 2003. – С. 112-114.
8. Лысенко М.П. Состав и физико-механические свойства грунтов. – М.: Недра, 1972. – 320 с.
9. Печеркин И.А., Димухаметов М.Ш., Костарев В.П. Оползневые процессы на территории г. Перми // Инж. Геология, 1992, № 6. – С. 64-69.

10. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). М.: Стройиздат, 1986. – 430с.