



Серия «Науки о Земле»
2008. Т. 1, № 1. С. 22–32

Онлайн-доступ к журналу:
<http://isu.ru/izvestia>

ИЗВЕСТИЯ
Иркутского
государственного
университета

УДК 624.131.1 (571.5)

Геозэкологические проблемы города Иркутска*

Акулова В. В. (akulova@crust.irk.ru), Грудинин М. И.
Рященко Т. Г. (tyashenk@crust.irk.ru), Демьянович Н. И.

Аннотация. В статье рассмотрены условия, природные и техногенные факторы формирования и развития неблагоприятных геологических процессов на территории города Иркутска. Особое внимание уделено инженерно-геологической оценке лессовых грунтов и техногенных образований, как наиболее чувствительным компонентам геологической среды. Установлено, что активизация суффозионно-просадочных деформаций на территории города связана с повсеместным дополнительным увлажнением грунтов, в основном, за счет техногенного подтопления и образованием насыпных и искусственно измененных грунтов. Установлены типы риска природно-техногенных процессов и выполнена оценка геозэкологической опасности территории по типу риска и характеру распространения процессов.

Ключевые слова: геозэкологические проблемы, город, водохранилище, риск, природно-техногенные процессы.

Введение

История города Иркутска насчитывает почти 350 лет. В результате достаточно длительного и сложного взаимодействия природной среды и техногенных воздействий возникли геозэкологические проблемы, связанные, прежде всего, с развитием природно-техногенных геологических процессов. Характер их развития обусловлен, в первую очередь, особенностями строения и состава пород, режимом увлажнения, сейсмичностью и техногенными воздействиями [6]. Среди техногенных факторов существенное место занимают промышленно-городская застройка и эксплуатация зданий, различных сооружений и коммуникаций, а также создание и эксплуатация Иркутской ГЭС и прилегающего к ней водохранилища.

Методические подходы

С целью геозэкологической оценки современного состояния геологической среды г. Иркутска выполнялось детальное обследование отдельных

*Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ – грант № 07-05-01061.

участков городской территории. В результате зафиксированы довольно разнообразные проявления природно-техногенных геологических процессов. Для уточнения инженерно-геологических условий района привлечены архивные материалы отчета по сейсмическому микрорайонированию (СМР) территорий перспективной застройки г. Иркутска (ВостСибТИСИЗ, 1988 г.), технических отчетов по инженерно-геологическим изысканиям на отдельных площадках в различных микрорайонах города (Институт «Гражданпроект», ВостСибТИСИЗ, 1965–1999 гг.), а также результаты комплексных лабораторных исследований состава, микроструктуры, физико-химических, физических и деформационно-прочностных свойств дисперсных грунтов по опорным разрезам в Иркутске, выполненных группой грунтоведения Института земной коры СО РАН (1987–1998 гг.) Определение степени геоэкологической опасности природно-техногенных процессов осуществлено на основе экспертных оценок [7].

Объект исследований

Город Иркутск расположен на террасах и склонах долины Ангары и ее больших и малых притоков. Основанием практически всех городских построек является довольно пестрая толща юрских отложений, представленных преимущественно песчаниками, конгломератами, алевролитами и аргиллитами с растительными отпечатками и пропластками каменного угля. Особое значение в оценке устойчивости массива пород имеют прослойки аргиллитов и алевролитов, которые в условиях природного или техногенного замачивания размягчаются, становятся пластичными и набухаемыми. Преобладающие в разрезе песчаники различаются по степени зернистости, составу цемента (глинистый, карбонатный, кремнистый), а также прочности. Выделены особые виды грунтов: слаболитифицированные песчаники без жестких структурных связей (сцепление 0,23 МПа) и глины агрегированные, разнопластичные, с пониженной прочностью (сцепление 0,06 МПа). Кроме этого, в юрских породах выделяются разновозрастные и разнонаправленные тектонические нарушения: разломы и зоны повышенной трещиноватости. Наиболее значительной разломной структурой регионального ранга, пересекающей территорию Иркутска в северо-западном направлении, является Ангарский разлом, который в районе устья Иркутки пересекается фрагментом тоже крупного регионального Иркутского разлома восток-северо-восточного простирания, смещающего Ангарский разлом. Эта система разломов образует четыре крупных тектонических мегаблока: Новоленинский, Топкинский, Правобережный и Левобережный [2].

Четвертичные отложения представлены разновозрастным аллювиальным (aQ_{2-4}), поздневерхнечетвертичным делювиальным (dQ_3^3), нерасчлененными делювиальным (dQ), элювиальным (eQ), делювиально-пролювиальным (dpQ), современными болотным (hQ_4) и техногенным (tQ_4) геолого-генетическими комплексами. Мощность всех этих образований не превышает 20 м.

Наиболее широко развиты лессовидные отложения, которые в виде покрова толщиной от 3–4 до 20 м залегают в пределах второй-четвертой надпойменных террас р. Ангары и нижних частей склонов. Это лессовидные супеси и суглинки, обладающие «опасными» свойствами, к числу которых относятся просадочность (коэффициент относительной просадочности при вертикальной нагрузке 0,3 МПа изменяется от 0 до 0,185), набухание (до 12–16 %), способность к тиксотропному разупрочнению (при вибрационных испытаниях в лабораторных условиях коэффициент разупрочнения составил 0,3–0,8) и ползучести (при длительном деформировании происходит уменьшение сцепления на 80–90 %). Широкий спектр природно-техногенных геологических процессов, развивающихся в этих отложениях (просадочные, эрозионные, суффозионно-просадочные и оползневые), объясняется, в первую очередь, их структурной неустойчивостью, которая делает их наиболее чувствительными к техногенным воздействиям.

На территории города развиты следующие природно-техногенные процессы и формы их проявления: линейная эрозия, абразия, криогенно-суффозионно-просадочные палеопроцессы (бугристо-западинный микро-рельеф), заболачивание, подтопление, формирование техногенного водоносного горизонта, образование пльвунов, суффозионно-просадочные процессы (воронки, провалы, ваннообразные понижения), возможное разжижение лессовых грунтов при вибрации (землетрясении), просадочность лессовых толщ при дополнительном давлении, оползни, сплывы, осыпи; отмечается глубокое (до 3,5 м) сезонное промерзание грунтов и связанные с ним солифлюкция, морозное пучение и наледообразование.

Разнообразные техногенные воздействия вызвали локальную активизацию естественных проявлений геологических процессов, формирование их техногенных аналогов и новых разновидностей, предопределивших сложную геоэкологическую ситуацию.

Острейшей геоэкологической проблемой для города оказалось подтопление отдельных участков его территории – результат техногенного воздействия на грунтовый поток (рис. 1). В пределах центральной части г. Иркутска выявлено девять участков подтопления, в основном в пределах высокой поймы, первой и второй надпойменных террас. Установлено, что подтоплено 47 % площади центральной части Кировского района. Выделены категории подтопляемых площадей (постоянно, сезонно, эпизодически и аварийно). Установлены основные причины и факторы подтопления, среди которых ведущее место занимают утечки из водонесущих коммуникаций [10]. Участки подтопления выявлены также в других районах города: пос. Ново-Ленино, Жилкино, Селиваниха и др.

Болота и заболоченные земли представляют практически повсеместную принадлежность ландшафта широких речных долин – Иркутка, Каи и Ушаковки. Заболачивание представляет почти всегда естественный процесс, связанный с неотектоническим режимом формирования кайнозой-

ских депрессий, высоким положением уровня грунтовых вод, слабой дренированностью, местами слабой проницаемостью глинистых отложений. Состав и свойства грунтов во многом определяют их поведение при увлажнении. Так, состояние глинистых заторфованных грунтов пойменной фации (увлажненность и недоуплотненность) способствует их уплотнению при минимальных вертикальных нагрузках и возникновению локальных преград (барражей) на пути движения подземного водного потока. Такие участки наблюдаются на правом берегу в районе ул. Верхняя Набережная и бульвара Постышева, где вдоль основания дорожной насыпи формируются заболоченные участки.



Рис. 1. Подтопление частных домов по ул. Верхняя Набережная

Суффозионные явления в виде мелких, периодически появляющихся провалов фиксируются практически повсеместно в городской черте, особенно по трассам водонесущих коммуникаций и массивам искусственных насыпей, грунты которых часто недоуплотнены (рис. 2). Нередко суффозионно-просадочные деформации на приречных склонах служат толчком для развития эрозионных и оползневых процессов, а иногда они выступают в качестве механизма их активизации. Оврагообразование по суффозионно-просадочно-эрозионному типу – один из основных факторов роста эрозионной пораженности территории. Так, например, концентрация поверхностного стока приводит к формированию временных водотоков, провоцирующих появление суффозионно-просадочных форм небольших размеров, образующих цепочки близко расположенных воронок, что в

свою очередь активизирует развитие эрозии. Крупные овраги зафиксированы в предместьях Марата и Рабочем, в окрестностях пос. Ново-Ленино и других местах. Иногда суффозионно-провальные формы развиваются по «старым» оползневым рвам, разрушая оползневые ступени, сложенные лессовидными супесями и суглинками, и способствуют переувлажнению грунтов оползневого тела, что, естественно, активизирует оползневые деформации.



Рис. 2. Суффозионно-просадочные провалы в техногенных отложениях по ул. Ленина (центральная часть г. Иркутска)

Глубокое сезонное промерзание грунтов при наличии миграции влаги к фронту промерзания способствует возникновению условий, благоприятных для их пучения. В днищах падей и нижних частях склонов – в местах выклинивания грунтового водоносного горизонта наблюдается сезонное наледообразование (ул. Верхняя Набережная).

Известны достаточно крупные оползневые формы в юрских породах, в частности на левобережье Иркутского водохранилища (Ершовский оползень), а также на правом борту долины р. Иркут (территория санатория «Ангара»). Реликтовые формы оползневых деформаций обнаружены на левобережье пади Мал. Топка. Современные техногенные оползни в четвертичных отложениях отмечаются на склонах старых карьеров (завод стеновых материалов в Ново-Ленино) и откосах искусственных насыпей (роща Звездочка).

Одним из основных видов воздействия человека на геологическую среду в пределах города является формирование техногенных отложений. Отличительная особенность этих образований заключается в значительной изменчивости их состава, структуры и свойств как в плане, так и по разрезу. Кроме этого, с ними связано развитие целого ряда экзогенных процессов, определяющих геологическое состояние городской территории. Среди техногенных грунтов территории г. Иркутска выделяются: 1) природно-техногенные образования – отложения, измененные в условиях естественного залегания при физическом и физико-химическом воздействии (уплотненные, увлажненные, укрепленные цементацией и т. п.); 2) техногенные образования: а) природные перемещенные (насыпные); б) антропогенные образования (бытовые, строительные и промышленные отходы). Мощность их изменяется от 1–3 до 40 м.

Наиболее широким распространением характеризуются техногенные грунты как природные образования, измененные в условиях естественного залегания. Нарушение напряженного состояния грунтовых массивов вызвано действием статических нагрузок, создаваемых жилыми зданиями, промышленными сооружениями, насыпями, изъятием грунтов из массива, а также динамическими нагрузками от транспорта и изменением уровня подземных вод.

Значительные площади перемещенных грунтов сосредоточены в пойме р. Иркут, освоение которой предполагает возведение дополнительных насыпей до 5–8 м. Для грунтов этой категории характерно недоуплотненное и часто переувлажненное состояние, что в свою очередь способствует развитию различных поверхностных деформаций (воронки, провалы, сплывы, промоины и др.), особенно в районах водонесущих коммуникаций.

Максимальные мощности техногенных грунтов как перемещенных образований отмечаются в пределах земляной плотины Иркутской ГЭС, которая находится в черте города. Она имеет высоту по гребню 42 м и общую длину 2350 м. Тело плотины сложено песчано-гравийно-галечным материалом с суглинистым ядром. Проблема безопасной и надежной эксплуатации плотины имеет особую важность, в связи с нахождением в сфере ее влияния одного из крупнейших по численности населения городов Сибири – Иркутска. В рамках реконструкции пьезометрической сети плотины Иркутской ГЭС проведена детальная оценка состава, структуры и свойств грунтов основания и техногенных отложений тела плотины, позволившая выявить характер трансформации их состояния. Ранее нами [1] определены изменения лессовых грунтов в районе застройки, заключающиеся, прежде всего, в их увлажнении и уплотнении. Сопоставление состава и свойств природных отложений, природно-техногенных (измененных в зоне техногенеза) и техногенных (природных перемещенных) позволило уточнить характер изменений грунтов в ядре плотины. Так, наличие зон с меньшими, чем проектные, значениями плотности скелета можно рассматривать как зоны разуплотнения, которые в свою очередь представляют со-

бой закономерный процесс эволюции техногенных грунтов в нестандартных условиях функционирования. Эти зоны, располагаясь в призме подпора, отличаются повышенной влажностью и, как правило, примыкают к интервалам, обогащенным песчаным или гравийным материалом, что может быть объяснено расклинивающим действием напоров вод [4].

В Иркутске ежегодно образуется около 250 тыс. м³ антропогенных образований в качестве бытовых и промышленных отходов жизнедеятельности города, которые вывозятся муниципальными предприятиями на специальные полигоны – свалки [9]. Между тем в пригородной черте наблюдается значительное количество несанкционированных свалок. Особенно много таких свалок находится по дорогам, ведущим к дачным поселкам (Ново-Грудининский тракт). Они, несомненно, ухудшают геэкологическую обстановку города и его окрестностей.

Проведенные комплексные инженерно-геологические исследования состава, структуры и свойств техногенных грунтов позволяют отнести их к сложным динамичным литосистемам, находящимся часто в структурно-неустойчивом состоянии. Это подтверждается тем, что техногенные отложения часто выступают в качестве среды развития эрозионных, суффозионно-эрозионных, суффозионно-просадочных и оползневых процессов. Формы этих процессов на территории города, как правило, невелики по размерам, но главная их неприятность связана с неожиданностью их проявления, деформациями инженерных сооружений и возникновением аварийных ситуаций (рис. 3).



Рис. 3. Аварийная ситуация на дороге, возникшая в результате образования провала в техногенных грунтах дорожной насыпи (ул. Лермонтова, Студгородок)

Берега Иркутского водохранилища до сих пор достаточно сильно размываются. **Абразии** подвергаются, главным образом, берега, сложенные песчано-галечным аллювием и перекрывающими их лессовидными суглинками, в меньшей степени – берега, сложенные породами терригенно-угленосной формации нижней юры. Максимальные величины размыва за период эксплуатации водохранилища достигают 100–150 м в районе пос. Разводная и на участке строительства коттеджей в районе 42 км (садоводство «Иркутянин»). На берегах, сложенных юрскими породами, суммарные величины размыва находятся в пределах 10–30 м [8]. С целью исследования механизма разрушения пород правобережной части водохранилища (микрорайон Солнечный) проведено детальное обследование и опробование берегового профиля (абразионный уступ, осыпь и пляж). Комплексные лабораторные исследования грунтов позволили установить характер изменения их состава по профилю: на фоне сокращения количества песчаных частиц наблюдается резкое увеличение содержания пылеватого материала, а в химическом составе отмечается рост количества полуторных оксидов. Таким образом, в результате абразии происходит не только механическое перераспределение материала, но и трансформация состава структуроформирующих компонентов грунтов.

В настоящее время имеются разработки Р. М. Лобацкой по оценке устойчивости геологической среды города Иркутска к сейсмическим и техногенным воздействиям, А. А. Кадетовой по историческому анализу развития городской агломерации с позиций формирования техногенных факторов активизации геологических процессов [3, 5]. Авторами на основе анализа условий формирования природно-техногенных процессов и конкретных примеров негативного влияния на существующие и прогнозируемые сооружения установлены критерии оценки геологической опасности процессов [7]. Выделены типы геологического риска (постоянный, переменный, скрытый (потенциальный) и незначительный) и характер распространения процессов (площадной, линейный, полосообразный, линейно-площадной, островной (по площади) и разнородный (в разрезе). Использован метод экспертных оценок: для типов риска принят интервал 1–6 условных индексов, по характеру распространения – 2–6. Общая сумма индексов (по типу риска и характеру распространения) отражает степень геологической опасности территории и изменяется от 4 до 12 индексов (табл.).

Согласно принятой схеме оценки, заболачивание, подтопление и суффозионно-просадочные процессы относятся к постоянному типу геологического риска с площадным характером распространения (общая сумма индексов 9–12). Плывунность отнесена к процессу, который характеризуется скрытым риском с малой степенью вероятности реализации и островным характером распространения (10). Потенциал риска достаточно высок, но условия для его реализации часто могут не наступать долгое время. Оползни и абразия представляют собой объекты скрытого и постоянного

геоэкологического риска с полосообразным характером распространения (8–9). Тип риска линейной эрозии переменный, а характер распространения – линейно-площадной (6). Криогенно-суффозионно-просадочные палеопроцессы характеризуются незначительным геоэкологическим риском и полосообразным характером распространения (4).

Таблица

Степень геоэкологической опасности
природных и природно-техногенных процессов

Природные и природно-техногенные процессы	Тип риска (индекс)	Характер распространения (индекс)	Степень опасности (сумма индексов)
Криогенно-суффозионно-просадочные палеопроцессы	Незначительный (1)	Полосообразный (3)	4
Линейная эрозия	Переменный (3)	Линейно-площадной (3)	6
Просадочность лессовых грунтов при дополнительном давлении	Постоянный (4)	Разнородный (в разрезе)* (5)	9
Абразия	Постоянный (4)	Полосообразный (5)	9
Заболачивание	Постоянный (4)	Площадной (6)	10
Формирование техногенного водоносного горизонта; разжижение грунтов при вибрации	Скрытый (5)	Островной (5)	10
Оползневые деформации	Скрытый (5)	Островной (5)	10
Подтопление	Катастрофический (6)	Площадной (6)	12

Примечание: * выделяются четыре типа лессовых толщ по просадочности: преимущественно непросадочный с аномальными зонами проявления этого свойства; двухзональный – просадочной может быть верхняя (до 6–7 м) или нижняя (7–12 м) зоны; преимущественно просадочный; разнородный по величине коэффициента относительной просадочности

Выводы

Наиболее опасными для территории города Иркутска являются такие природно-техногенные геологические процессы, как подтопление, заболачивание, формирование техногенного водоносного горизонта и связанные с ним плывуность и разжижение грунтов, а также проявление на поверхности суффозионно-просадочных форм, разнородная просадочность лессовых толщ при дополнительном давлении, абразия (разрушение берегов

Иркутского водохранилища) и древние оползни. Наименее опасными оказались криогенно-суффозионно-просадочные палеопроцессы и дефляция, выраженные в виде бугристо-западного микрорельефа.

Следует также отметить, что результаты проведенных исследований геоэкологической опасности природно-техногенных геологических процессов по типу риска и характеру распространения на территории города и его окрестностей могут служить основой для разработки конкретных практических рекомендаций по повышению надежности и безопасности существующих и будущих сооружений как в г. Иркутске, так и в его окрестностях, особенно по берегам Иркутского водохранилища, где в последние годы происходит интенсивное индивидуальное строительство, часто бесконтрольное.

Список литературы

1. Акулова В. В. Эволюция лессовых грунтов Приангарья в зоне техногенеза // Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий : материалы Междунар. симпозиума. – Екатеринбург, 2001. – Т. 1. – С. 208–212.
2. Лобацкая Р. М. Характер раздробленности территории города как один из факторов оценки устойчивости геологической среды / Р. М. Лобацкая, Т. А. Котлобаева, Н. К. Биктимирова // Город: прошлое, настоящее и будущее : сб. науч. тр. – Иркутск, 2000. – С. 128–132.
3. Лобацкая Р. М. Модели поведения геологической среды урбанизированных территорий для оценки приемлемого риска формирования природных и природно-техногенных чрезвычайных ситуаций // Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий : материалы Междунар. симпозиума. – Екатеринбург, 2001. – Т. 1. – С. 287–292.
4. Демьянович Н. И. Современное состояние грунтов плотины Иркутской ГЭС (по материалам опорного бурения) / Н. И. Демьянович, В. В. Акулова // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований : сб. избр. тр. науч.-техн. конф. – Иркутск, 2004. – С. 147–152.
5. Кадетова А. В. Инженерно-геодинамическая обстановка территории г. Иркутска как результат взаимодействия природных и техногенных факторов / А. В. Кадетова, А. А. Рыбченко // Третьи Яншинские чтения : материалы молодежной конф. – М., 2003. – С. 405–408.
6. Литвин В. М. Эколого-геодинамическая оценка города Иркутска / В. М. Литвин, К. Г. Леви // Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий : материалы Междунар. симпозиума. – Екатеринбург, 2001. – Т. 1. – С. 269–275.
7. Макаров С. А. Геоэкологический анализ территорий распространения природно-техногенных процессов в неоген-четвертичных отложениях Прибайкалья / С. А. Макаров, Т. Г. Рященко, В. В. Акулова. – Новосибирск : Наука, 2000. – 160 с.
8. Абразионно-аккумулятивные процессы в береговой зоне водохранилищ на примере Южного Приангарья и Силезской возвышенности / Г. И. Овчинников [и др.]. – Иркутск : ИЗК СО РАН, 2002. – 102 с.
9. Тимофеева С. С. Управление отходами Байкальского региона: «Индустриальный метаболизм» // Город: прошлое, настоящее и будущее : тр. науч.-техн. конф. – Иркутск, 1998. – С. 143–146.

10. Шенькман Б. М. Эволюция гидрогеологических условий на территории Большого Иркутска / Б. М. Шенькман, И. Б. Шенькман // Проблемы оценки и прогноза устойчивости геологической среды : сб. тр. науч.-практ. конф. – Иркутск, 1997. – С. 39–43.

**Akulova V. V., Grudin M. I.,
Ryashchenko T. G. and Demjanovich N. I.**

Geoeological problems of Irkutsk city

Abstract. Considered in article are the conditions, natural and technogenous technogenous technogenous factors for the formation and the development of unfavorable geological processes on the territory of Irkutsk. The special attention is given to the engineering-geological estimation of loessial soils and technogenous formations as an unstable components of the geological environment. The intensification of suffosional-collapsible processes on the urban territory was detected to be caused by the general additional humidification of soils, mainly due to the technogenous flooding, and the formation of man-made and artificially modified soils. The types of risk of natural-technogenous processes are identified, and the geological hazard of the territory is evaluated from the type of risk and the character of occurrence of the processes.

Key words: geoeological problems, city, reservoir, risk, engineering-geological estimation.

*Акулова Варвара Викторовна
канд. геол.-минерал. наук, доцент
Иркутский государственный
университет
664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1
доц. каф. динамической геологии
тел.: (395-2) 42-61-33,*

*Грудинин Мефодий Иванович
д-р геол.-минерал. наук, профессор
Иркутский государственный
университет
664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1
проф. кафедры динамической геологии
тел.: (395-2) 20-16-39*

*Рященко Тамара Гурьевна
д-р геол.-минерал. наук, профессор
Институт земной коры СО РАН
664033, Иркутск,
ул. Лермонтова, 128
ведущий научный сотрудник
Аналитического центра
тел.: (395-2) 42-61-33*

*Демьянович Нина Ивановна
канд. геол.-минерал. наук
Институт земной коры СО РАН,
664033, Иркутск,
ул. Лермонтова, 128
ст. науч. сотрудник лаборатории
гидрогеологии
тел.: (395-2) 42-97-59*