

ТИПЫ ТЕХНОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ г. ТОМСКА И ИХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта «Оценка экологических рисков при освоении инвестиционно-привлекательных территорий» в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (мероприятие № 1.2.1 «Проведение научных исследований научными группами под руководством докторов наук» по направлению «География и гидрология суши»).

Рассмотрены техногенные отложения и созданные ими формы рельефа на территории города Томска. Выделены виды техногенных отложений по условиям формирования и залегания. Получены количественные характеристики пространственного распространения, вертикальной мощности и объема техногенных отложений урбанизированной территории г. Томска: измененных в условиях естественного залегания, перемещенных с мест естественного залегания, техногенных новообразований. На примере г. Томска охарактеризованы экологические свойства техногенных отложений урбанизированных территорий.

Ключевые слова: техногенные отложения; геоморфология урбанизированных территорий; геоэкология; антропогенный литогенез.

Процесс формирования и накопления техногенных отложений с наибольшей интенсивностью происходит в городах и промышленных центрах. Объем техногенных отложений значителен и постоянно возрастает. К началу XXI в. мировой объем всех разновидностей техногенных осадков достиг 1 500 млрд м³ [1]. Не является исключением территория г. Томска – крупного промышленного города (численность населения 512 тыс. человек), областного центра, расположенного в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины в долине нижнего течения р. Томи. По региональной оценке, выполненной М.И. Хазановым (1975), техногенные отложения в промышленно развитых районах юга Западной Сибири встречаются повсеместно, их объем составляет в среднем 100 м³/км².

На территории г. Томска распространены следующие виды техногенных отложений [2,3]: 1) природные отложения, техногенно измененные в условиях есте-

ственного залегания; 2) природные отложения, перемещенные с мест естественного залегания; 3) техногенные образования (табл. 1, рис. 1).

К *природным отложениям, измененным в местах естественного залегания*, относятся горные породы, подвергшиеся физическому, физико-химическому, химическому, биологическому воздействию в процессе хозяйственной деятельности человека. Техногенно измененными являются все отложения, расположенные в зоне промышленного и гражданского строительства, поскольку при подготовке площадок и при последующей эксплуатации зданий и сооружений они испытывают уплотнение, цементацию, битумизацию, обводнение и др. На территории г. Томска техногенно измененные горные породы занимают площадь 9,9 тыс. га, или 36%, городской территории [5] – это площадки, отведенные под жилую и производственную застройку.

Таблица 1

Распространение техногенных отложений на территории г. Томска (составлено авторами по: [4,5])

Подтип техногенных отложений	Количественные показатели распространения	
	Показатель	Значение
<i>Природные отложения, техногенно измененные в условиях естественного залегания</i>		
	Площадь земель, занятых под застройку	9 900,00 га
<i>Природные отложения, перемещенные с мест естественного залегания:</i>		
Дамба	Протяженность земляной защитной дамбы р. Томи	11,60 км
	Ширина по гребню дамбы	4,50 м
Насыпи	Протяженность магистральных улиц и дорог	343,00 км
	Густота дорожной сети в пределах городской застройки	2,20 км/км ²
	Территория, занятая улицами, дорогами, площадями	2 400,00 га
Засыпанные отрицательные формы рельефа	Площадь засыпанных оврагов в микрорайоне «Каштак»	14,00 га
	Максимальная мощность отложений засыпанных оврагов в микрорайоне «Каштак»	20,00 м
	Объем отложений засыпанных оврагов в микрорайоне «Каштак»	955,00 тыс. м ³
	Площадь засыпанных озер Сухое, Источное	40,00 га
<i>Техногенные образования</i>		
Отложения полигона токсичных отходов	Объем промышленных и бытовых отходов за 2010 г.	398895,23 т
	Площадь полигона	37,04 га
	Объем отходов	22 078,00 т
Твердые отходы ООО «Томскнефтехим»	Площадь накопителя отходов	3,51 га
	Объем отходов	15 347,00 т
Золоотвал ГРЭС-2	Площадь	77,50 га
	Объем отходов	3 863 719,00 т
Илы очистных сооружений	Площадь илонакопителя ЗАО «Городские очистные сооружения»	28,50 га
	Объем илов	11 393,00 т
Твердые бытовые отходы	Площадь полигона ТБО	141,57 га
	Объем отходов на полигоне ТБО	6 002 328,00 т
	Площадь несанкционированных свалок	2,93 га
	Объем отходов в несанкционированных свалках	8 930,20 т

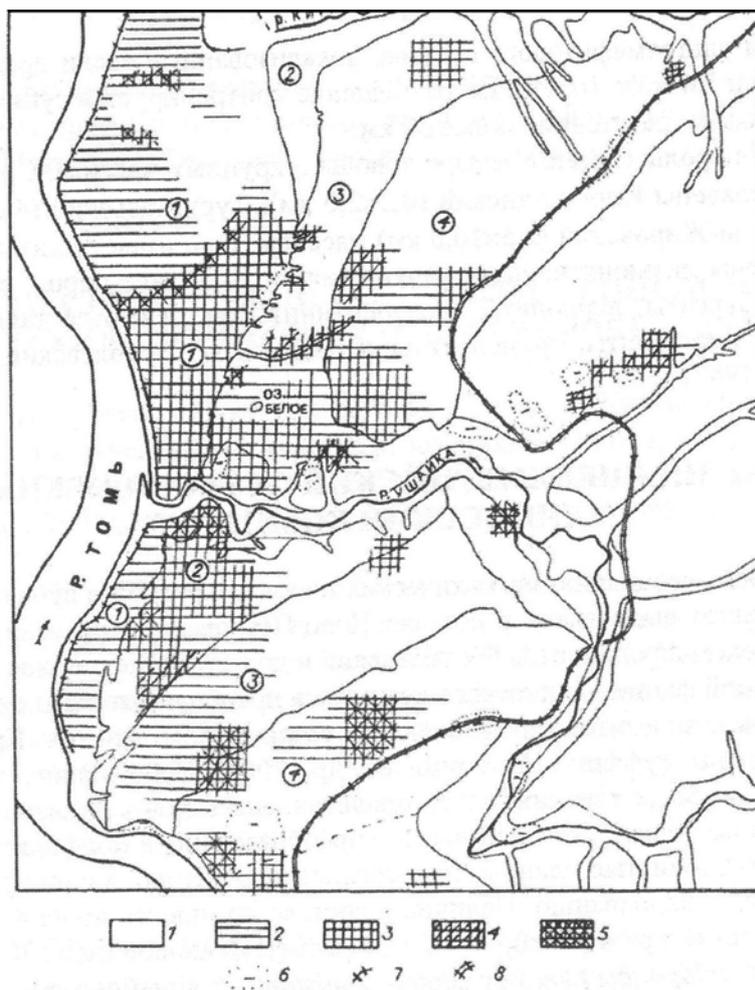


Рис. 1. Схема распространения техногенных отложений на территории г. Томска [6]:
 1–5 – мощность техногенных отложений: 1 – 0 м; 2 – менее 2 м; 3 – от 2 до 5 м; 4 – от 5 до 7 м;
 5 – более 7 м; 6 – понижения рельефа; 7 – дамба; 8 – железнодорожная насыпь.
 Цифры в кружках – номера надпойменных террас

Площадь застроенных земель постоянно увеличивается: в г. Томске за 200 лет территория, занятая строениями, увеличилась более чем в 9 000 раз [7]. Возрастает не только площадь воздействия на геологическую среду, но и его интенсивность. Так, согласно Генераль-

ному плану развития г. Томска, к 2025 г. при некотором сокращении общей территории, занятой под жилую застройку, произойдет значительное увеличение площади многоэтажного и среднеэтажного строительства (табл. 2).

План изменения площади жилой застройки Муниципального образования «Город Томск» [4]

Таблица 2

Показатели	Площадь, га		
	2007 г.	2015 г.	2025 г.
Жилые зоны всего, из них:	5 309	5 220	5 067
зона многоэтажных жилых домов	841	880	1407
зона среднеэтажных жилых домов	373	390	590
зона индивидуальных жилых домов с участками	2 563	2 450	2 400
зона садово-дачных участков	1 532	1 500	670

Природные отложения, перемещенные с мест естественного залегания, – это насыпные и засыпные отложения. К насыпным отложениям относятся насыпи транспортных трасс и дамб, засыпные отложения представлены погребенными оврагами, болотами, ручьями.

Распространение отложений дорожных насыпей увеличивается с развитием транспортной инфраструктуры города. Общая протяженность улиц в г. Томске за последние 100 лет увеличилась в 5 раз и составила 526 км [7], из них магистральных улиц и дорог – 343 км [4].

Средняя плотность дорожной сети в пределах городской застройки составляет 2,2 км/км². Увеличение объема насыпных грунтов будет происходить и в дальнейшем в связи со строительством новых объектов транспортной инфраструктуры: пешеходно-транспортной набережной вдоль р. Томь, путепроводов через железнодорожные линии, магистралей, дублирующих наиболее напряженные участки дорог. Таким образом, к 2025 г. общая протяженность магистральных улиц и дорог превысит 413 км, а их плотность увеличится до 2,3 км/км².

Отложения засыпанных отрицательных форм рельефа занимают на территории г. Томска значительные площади. Засыпка болот, ручьев, мелких озер началась еще в XVII в. Были погребены пойменные озера, сохранившиеся в настоящее время лишь в топонимах (оз. Сухое площадью 30 га, оз. Восточное площадью 10 га). Засыпные грунты распространены также на склонах надпойменных террас р. Томи, пораженных оврагами: площадка второй надпойменной террасы под зданиями комплекса Томского государственного университета, Томского политехнического университета, Томского электромеханического завода, ТУСУРа и др.

Наибольшее распространение засыпные отложения имеют на склоне третьей надпойменной террасы

р. Томи в северной части города (см. рис. 2). На этом участке в 1993 г. располагалось 34 крупных оврага, морфометрические характеристики которых были определены методом полевого картографирования [8]. По данным полевых наблюдений авторов, к 2001 г. 10 оврагов на участке были засыпаны, так как на склоне началось интенсивное строительство многоэтажных домов. В период с 2001 по 2007 г. на исследуемом участке были засыпаны еще 7 крупных оврагов. Исходя из морфометрических параметров засыпанных оврагов (табл. 3), можно заключить, что засыпные техногенные отложения сформировались на площади 14 га, их суммарный объем составил 955 тыс. м³, а максимальная мощность – 20 м.

Таблица 3

Морфометрические параметры засыпанных оврагов на третьей надпойменной террасе р. Томи (микрорайон «Каштак», г. Томск)

№ оврага на схеме	Длина, м	Ширина, м	Глубина, м	Площадь, га	Объем, м ³
1	250	90	12	2,28	135 720
2	90	40	5	0,20	13 572
3	240	36	9	1,26	52 116
4	120	40	4	0,66	25 334
5	280	110	13	1,82	255 455
6	200	26	15	1,98	35 287
7	60	20	16	0,14	5 881
8	140	60	8	0,38	19 001
9	150	64	13	0,78	65 146
10	200	28	6	0,61	35 890
11	140	20	5	0,30	13 723
12	160	15	5	0,32	12 667
13	170	20	9	0,44	19 227
14	200	40	5	0,50	45 240
15	150	36	5	0,40	30 537
22	120	20	8	0,21	21 715
23	240	60	20	1,70	168 293
Сумма	–	–	–	13,98	954 804

В настоящее время активно застраивается долина р. Ушайки в районе ул. Алтайской, расположенной на второй надпойменной террасе этой речки. Застройка ведется на склоне и присклоновом участке долины, где развиты балки, а также микроформы антропогенного рельефа. В геологическом разрезе с поверхности до глубины 20 м здесь развит комплекс современных техногенных отложений – суглинков и насыпного гравийно-галечникового грунта мощностью до 1 м, который подстилается бурыми суглинками и супесями террасового аллювия (см. рис. 3).

Пойма р. Ушайки засыпается в районе Академгородка и пр. Комсомольского, где ведется активная застройка. Мощность насыпных грунтов в районе моста через р. Ушайку у Академгородка, по данным полевых исследований, составляет до 10–12 м.

К техногенным образованиям относятся промышленные и бытовые отходы. Они размещаются на специально организованных полигонах, хранилищах, свалках. Общая площадь объектов размещения отходов на территории г. Томска составляет 288,12 га, из них менее половины (49%) приходится на бытовые отходы и 51% – промышленные (см. табл. 4). Объем бытовых отходов, накопленный на свалках, значительно превышает промышленные, однако последние отличаются более высокой токсичностью. Кроме того, большой объем бытовых отходов накапливается на

несанкционированных свалках. Только за 2010 г. сотрудниками Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области на территории областного центра обнаружено 160 несанкционированных свалок общей площадью 2,93 га и массой около 9 тыс. т [5].

Техногенные отложения отличаются пестротой и неоднородностью состава. В их составе Ф.В. Котлов [10] выделил три группы фаций: грунтовую, искусственно созданную и бытовые отходы. Он отмечал, что необходимо дифференцированно подходить к оценке свойств техногенных грунтов. Так, среди них встречаются отложения с высокими прочностными характеристиками (уплотненные земляные насыпи, погребенная каменная кладка, наземные минеральные покрытия дорог) и с крайне низкой прочностью (свалки бытового мусора, стихийно засыпанные овраги, илы антропогенных водоемов); относительно однородные по составу (грунтовые отвалы, производственные шлаки) и неоднородные (культурные слои, несанкционированные свалки); менее и более токсичные. Например, А.В. Мананковым и В.П. Парначевым [11] проведено исследование минералого-химического состава техногенных месторождений, включая промышленные отходы г. Томска. В химическом составе угольной золы из золоотвала ГРЭС-2, расположенного в долине р. Ушайки, главным литофильным компонентом оказался кремне-

зем. Содержание редких и редкоземельных металлов (655,6 мг/кг) с резким преобладанием лантана позволяет считать эти золы рудным суперконцентратом. В зависимости от форм связи с литофильными элементами, органическими соединениями и положением в ряду относительной электроотрицательности эти редкие и

редкоземельные металлы экологически опасны для населения и биоты в целом.

Ваграночные шлаки ОАО «Сибэлектромотор» в экологическом плане также представляют большую опасность, так как содержат практически все металлы в количестве, превышающем ПДК от 1–3 до 2 000 раз.

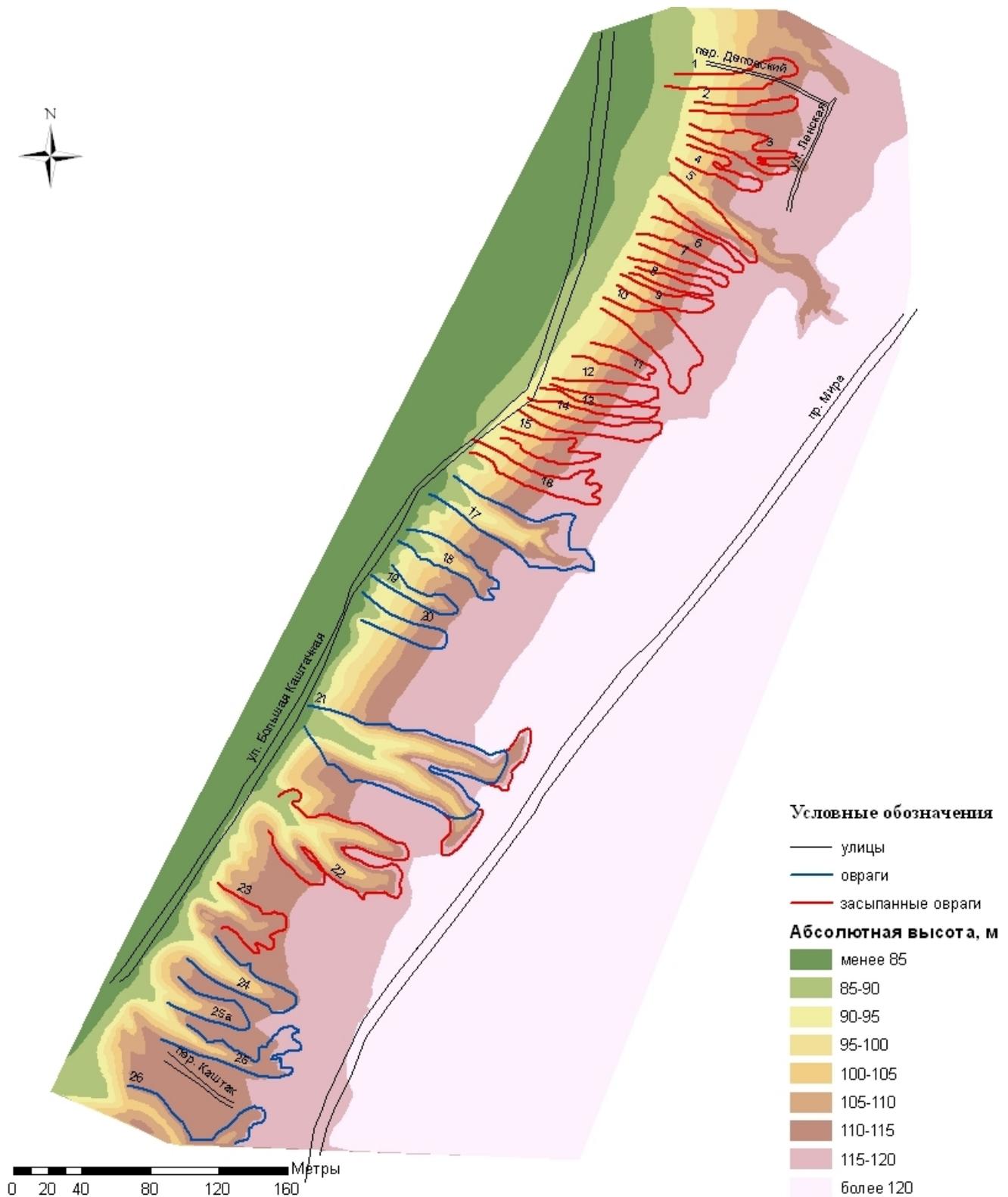


Рис. 2. Схема расположения оврагов на поверхности третьей надпойменной террасы р. Томи (микрорайон «Каштак», г. Томск), 2009 г.

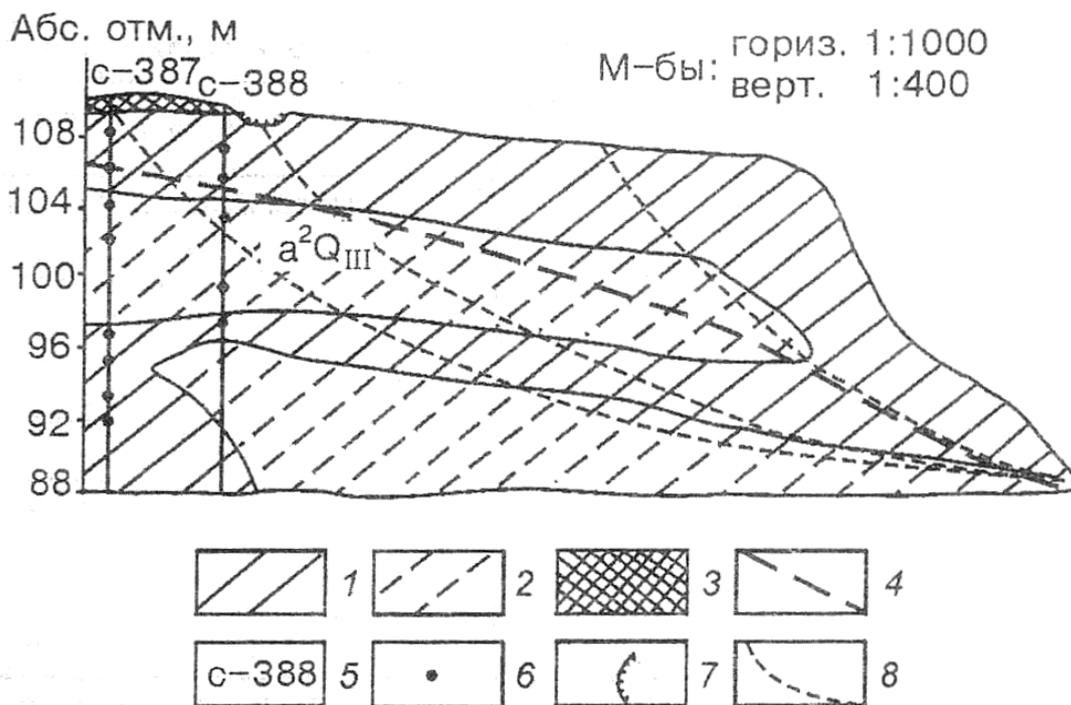


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез склона террасы в долине р. Ушайки [9]:
 1 – суглинок; 2 – супесь; 3 – техногенный грунт; 4 – уровень грунтовых вод; 5 – скважина и ее номер;
 6 – место отбора образца породы; 7 – траншея; 8 – предполагаемые поверхности смещения

Т а б л и ц а 4

Объекты размещения отходов производства и потребления в г. Томске [5]

Виды отходов и места размещения	Количество объектов размещения	Занимаемая площадь, га	Объем накопленных отходов, т
Полигон токсичных отходов г. Томска	1	37,04	22 078
Накопитель твердых отходов ООО «Томскнефтехим» (объект № 1535)	1	3,51	15 347
Золошлаковые накопители ГРЭС-2	2	77,5	3 863 719
Илонакопитель ЗАО «Городские очистные сооружения» г. Томска	1	28,5	11 393
Полигон твердых бытовых отходов г. Томска	2	141,57	6 002 328
Итого	7	288,12	9 914 865

Среди токсичных металлов I–III классов опасности наблюдается аномально высокое содержание ртути (более 850 ПДК), хрома (более 130 ПДК), титана, бария (55 ПДК), меди (более 30 ПДК) и др. Источником загрязнения являются отходы завода «Электроцентролит», входящего в ОАО, и т.д.

Кроме того, на территории города развивается техногенное подтопление, что также влияет на изменение инженерно-геологических свойств горных пород. Д.С. Покровский и К.И. Кузеванов [12] указывают на развитие техногенного подтопления под влиянием барражного эффекта (на примере микрорайона «Солнечный»). Водоносный горизонт водораздела здесь приурочен к пескам в нижней части разреза (рис. 4). Приповерхностные породы до начала строительства были безводными. Под влиянием строительных работ и при непродолжительной эксплуатации в горизонте супесей верхней части разреза сформировалась верховодка, в дальнейшем превратившаяся в типичный водоносный горизонт. Воды этого горизонта разгружаются на склонах и приводят к потере устойчивости зданий. Подоб-

ные негативные процессы отмечены на участках сочленения геоморфологических элементов (в основном – надпойменных террас) и на участках разгрузки подземных вод на склонах речных долин.

В целом антропогенные отложения относят к наиболее сложным и малоблагоприятным для строительства типам геологических образований.

Л.В. Передельский [1] выделил следующие специфические особенности техногенных грунтов, определяющие их низкую инженерно-геологическую оценку:

1. Неоднородность по составу и неравномерную сжимаемость.
2. Возможность самоуплотнения от собственного веса.
3. Повышенное содержание органического вещества в бытовых отходах и связанный с этим риск образования токсичных газов (например, метана).
4. Распад, разложение и другие физико-химические преобразования в промышленных отходах (шлаки, золы).

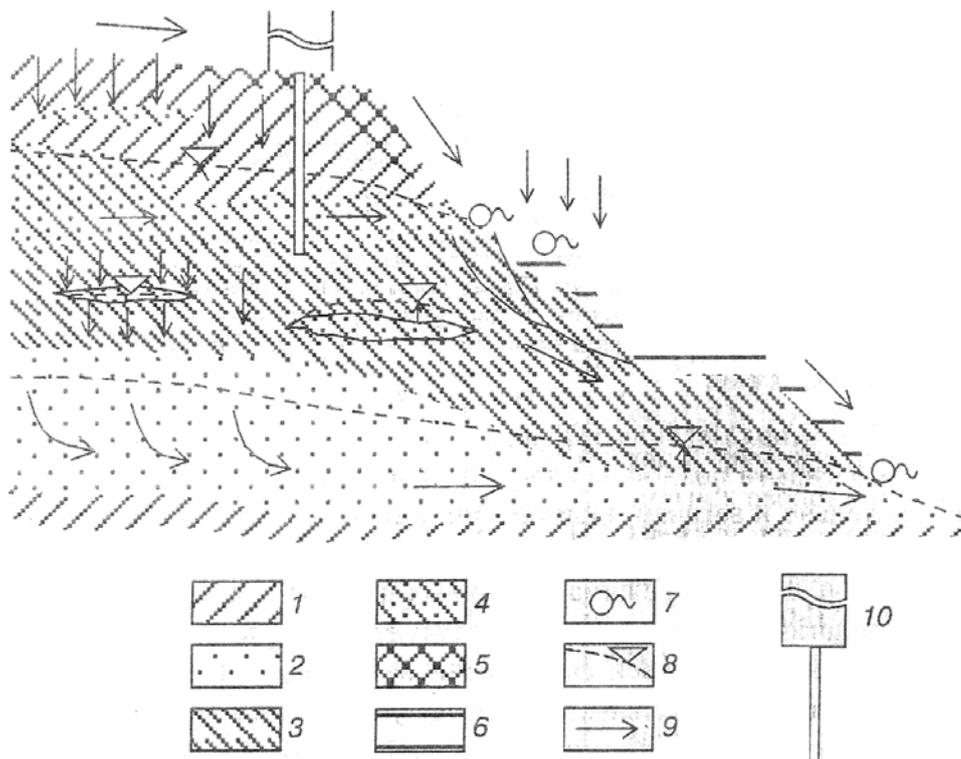


Рис. 4. Типовые условия развития техногенной верховодки [12]:
 1 – глины; 2 – пески; 3 – суглинки; 4 – супеси; 5 – насыпные грунты; 6 – оползневые массы;
 7 – источники; 8 – уровень подземных вод; 9 – направления водных потоков;
 10 – инженерные сооружения на свайных основаниях

Все эти особенности характерны для техногенных отложений, распространенных на территории г. Томска. В условиях дефицита земельных ресурсов, когда районы нового освоения развиваются внутри городской территории, а не за счет расширения ее площади, строительство все чаще производится на техно-

генных грунтах. В связи с этим распространение, мощность, состав и свойства техногенных грунтов на урбанизированных территориях требуют дальнейшего тщательного изучения специалистами разного профиля на основе детальной геолого-геоморфологической съемки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Передельский Л.В., Приходченко О.Е.* Инженерная геология. Ростов н/Д : Феникс, 2009. 456 с.
2. *Чистяков А.А., Макарова Н.В., Макаров В.И.* Четвертичная геология. М. : ГЕОС, 2000. 303 с.
3. *Евсеева Н.С., Окишев П.А.* Экзогенные процессы рельефообразования и четвертичные отложения суши : учеб. пособие. Томск : Изд-во НТЛ, 2010. Ч. 1. 300 с.
4. *Генеральный план г. Томска:* Приложение №1 к решению Думы г. Томска от 27.11.2007 № 687. Томск, 2007. 72 с.
5. *Экологический мониторинг:* Состояние окружающей среды Томской области в 2010 году / гл. ред. А.М. Адам. Томск : Графика ДТР, 2011. 144 с.
6. *Косова Л.С.* Рельеф и антропогенные отложения в черте г. Томска // География и природные ресурсы. 1992. № 1. С. 156–160.
7. *Шакирова А.Р.* Геоэкологический анализ урбанизированных территорий (на примере г. Томска) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск : Том. гос. ун-т, 2007. 24 с.
8. *Осинцева Н.В.* Природные условия развития овражной эрозии на территории г. Томска // География и природопользование Сибири : сб. ст. Барнаул : Изд-во Алтайск. гос. ун-та, 2002. С. 126–137.
9. *Кривошеев А.В., Емельянова Т.Я.* Прогнозирование оползнеопасных участков г. Томска // Обский вестник. 1999. № 1–2. С. 128–132.
10. *Котлов Ф.В.* Антропогенные геологические процессы и явления на территории города. М. : Наука, 1977. 171 с.
11. *Мананков А.В., Парначев В.П.* Геоэкологические аспекты состояния поверхностных и подземных вод г. Томска // Обский вестник. 1999. № 1–2. С. 105–116.
12. *Покровский Д.С., Кузеванов К.И.* Гидрогеологические проблемы строительного освоения территории г. Томска // Обский вестник. 1999. № 1–2. С. 96–104.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 4 мая 2012 г.