

УДК 624.1

**ТЕХНОГЕННЫЕ ГРУНТЫ г. КАЗАНИ: ОСОБЕННОСТИ
ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА, СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ***Н.И. Жаркова, Г.А. Черныйчук, И.Я. Жарков, Р.К. Галеев***Аннотация**

Проведено районирование территории города Казани по мощности и типу техногенных грунтов. Выделены следующие категории техногенных грунтов: песчаные и глинистые насыпные грунты, песчаные намывные грунты, грунты промышленных отвалов, современные разнородные насыпные грунты, содержащие бытовые и строительные отходы, грунты культурного слоя. Особое внимание уделяется инженерно-геологической оценке разнородных насыпных грунтов и грунтов промышленных отвалов. Проведённые исследования показали, что эти грунты характеризуются высокой химической и микробиологической агрессивностями к подземным конструкциям.

Ключевые слова: техногенные грунты, химическая агрессивность грунтов, микробиологическая агрессивность грунтов.

Введение

Территория г. Казани, одного из старейших культурных и промышленных центров России, характеризуется сочетанием весьма сложных инженерно-геологических и техногенных условий. За более чем тысячелетнюю историю существования поселения здесь сформировалась сложно построенная мощная толща техногенных грунтов. В многочисленных работах, посвящённых инженерно-геологическим условиям городской территории, неоднократно отмечалась связь между высокой агрессивностью техногенных грунтов и коррозией различных подземных конструкций.

В связи с многочисленными деформациями подземных водонесущих коммуникаций и фундаментов зданий возникла необходимость в анализе пространственного положения таких грунтов, их типизации по составу, строению и мощности, а также в оценке их химической, электрохимической и микробиологической агрессивностей.

В геологическом отношении исследуемая территория расположена на востоке Восточно-Европейской платформы, в пределах средней части долины реки Волги. Верхняя часть разреза представлена сложноорганизованным комплексом аллювиальных четвертичных террас, с размывом залегающих на песчано-глинистых плиоценовых и карбонатно-терригенных среднепермских отложениях [1]. Слой техногенных грунтов залегает плащеобразно, образуя в центральной части города практически сплошной покров. Значительная часть техногенных грунтов приурочена к комплексу низких террас реки Волги и Казанки (левый приток Волги) в условиях близкого залегания грунтовых вод (гидрокарбонатные

кальциевые, сульфатно-гидрокарбонатно магниевые-кальциевые с минерализацией 0.5–1.2 мг/дм³) [1].

1. Методика исследований

Для установления пространственных границ толщи техногенных грунтов и выполнения районирования по их типу и мощности нами был проведён анализ баз данных скважинного материала с использованием программного продукта ArcView 3.3 (911 скважин, данные ОАО «Казанского треста инженерно-строительных изысканий» и Казанского федерального университета).

Для лабораторных исследований агрессивности грунтов к подземным конструкциям летом 2012 г. нами было проведено опробование грунтовых массивов на наиболее интересных участках, выделенных при районировании (15 образцов).

Оценка химической и электрохимической агрессивностей грунтов по отношению к бетону, железобетону, алюминию, свинцу и стали согласно нормативным документам Российской Федерации базировалась на анализе водных вытяжек грунтов, а также на определении удельного электрического сопротивления грунтов [2, 3].

Оценка микробиологической агрессивности грунтов проводилась с использованием метода предельных разведений на следующих средах: аммонифицирующие бактерии – на мясо-пептонном агаре; азотфиксирующие микроорганизмы – на среде Эшби; денитрифицирующие микроорганизмы – на среде Гильтая; сульфатвосстанавливающие бактерии – на среде для сульфатвосстанавливающих бактерий; железобактерии – на среде Лиске; актинобактерии – на крахмало-аммиачном агаре; микроскопические грибы – на среде Чапека [4–6]. Весь комплекс перечисленных исследований проводился в лаборатории грунтоведения Казанского федерального университета.

2. Результаты и их обсуждение

2.1. Положение в пространстве техногенных грунтов, районирование по типу и мощности. Пространственный анализ базы данных скважинного материала на исследуемой территории позволил выделить следующие категории техногенных грунтов (рис. 1).

Преимущественно песчаные намывные грунты (A^s). Они представлены кварцевыми песками различного гранулометрического состава, преимущественно водонасыщенными, которые изначально относились к аллювиальным отложениям голоцена, перемещённым методом гидронамыва с использованием земснарядов на поверхность подтопленных и затопленных пойм и первых надпойменных террас рек Волги и Казанки (начало формирования – вторая половина XX в.). Такие грунты используются в качестве основания для гражданских и промышленных сооружений, слагают тела дамб и пляжей, защищающих берега от размыва, а также служат вмещающей толщей для различных подземных коммуникаций. Мощность намывных грунтов в среднем изменяется от 2.0 до 4.0 м, в некоторых случаях достигая 8–11 м. Суммарная площадь составляет 9.4 км² (2.7% от площади города). Физико-механические свойства песчаных намывных грунтов зависят от стадии формирования (табл. 1).

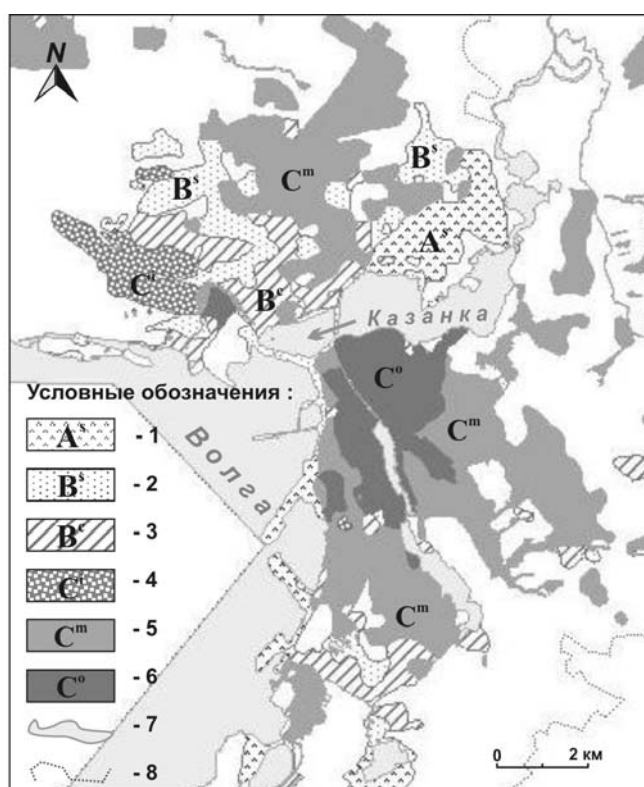


Рис. 1. Типы техногенных грунтов на территории г. Казани (преимущественно центральная и юго-восточная часть города). Условные обозначения: 1–6 – типы техногенных грунтов, описание приведено в тексте, 7 – реки и озёра, 8 – граница города

Песчаные насыпные грунты (B^s). Они представлены преимущественно кварцевыми песками от пылеватых до среднезернистых, реже крупнозернистых, различной степени водонасыщения. Изначально они являлись неоплейстоценовыми аллювиальными отложениями, впоследствии добытыми карьерным способом в окрестностях г. Казани. В основном они являются искусственно созданным основанием для сооружений различного назначения. Они приурочены к участкам с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями в пределах всех аллювиальных террас (сильно сжимаемые или просадочные грунты в основании грунтовых толщ, сильно расчленённый рельеф, неглубокое залегание грунтовых вод). Мощность песчаных насыпей редко превышает 5–10 м, занимаемая суммарная площадь составляет 12,0 км² (3,5% от площади города). В целом они характеризуются как надёжное основание для сооружений (модуль деформации E : 10–39 МПа, угол внутреннего трения φ : 24°...34°, удельное сцепление c : 1,0–8,0 кПа). Тем не менее, по данным А.И. Латыпова и др. [7], песчаные насыпные грунты (как и песчаные намывные) при определённых условиях характеризуются динамической неустойчивостью (разуплотнение, доуплотнение, разжижение и накопление сдвиговых деформаций).

Глинистые насыпные грунты (B^c). Это супеси, суглинки и глины различной консистенции, изначально неоплейстоценовые и эоплейстоценовые аллювиальные, реже элювиальные и делювиальные, перемещённые при экскавации

Табл. 1

Изменение во времени физико-механических характеристик намывных грунтов

Стадии	Длительность	Физико-механические характеристики			
		Коэффициент пористости, e , д.е.	Сцепление, C , кПа	Угол внутреннего трения, φ , град	Модуль деформации, E , МПа
Седиментация	1-3 дней	$> 0/9$	0–2	24–28	10–13
Уплотнение	1–6 мес.	0/7	2–3	29–32	14–20
Упрочнение	1–3 года	0/6	3–4	32–36	20–30
Стабилизация	до 10 лет	$< 0/6$	> 4	> 36	> 30

строительных котлованов или тоннелей метрополитена. Зачастую они складываются на пустырях и неудобьях, как правило, сглаживают неровности рельефа, их часто используют для засыпки оврагов и балок, для выполаживания откосов дорожных выемок, реже они служат основанием для сооружений низкого уровня ответственности (гаражные комплексы, малоэтажные лёгкие строения и др.). В основном глинистые насыпные грунты приурочены к первой, второй и третьей надпойменным террасам рек Волги и Казанки. Мощность таких грунтов редко превышает 2–3 м, суммарная площадь составляет 12.0 км² (3.5% от площади города). Как правило, они не являются надёжным основанием для сооружений, поскольку характеризуются многолетней консолидацией и неравномерным уплотнением (модуль деформации E : 1–10 МПа, угол внутреннего трения φ : 14°...24°, удельное сцепление c : 6.0–13.0 кПа).

Разнородные насыпные грунты – наиболее распространённый тип техногенных грунтов в пределах города. Это тип грунтов условно можно разделить на два подтипа: отходы промышленных предприятий (C^i) и грунты с большим содержанием бытовых отходов и строительного мусора. Последние по степени консолидированности можно разделить на два вида: «молодые» несслежавшиеся отложения (C^m) и «старые» хорошо консолидированные отложения, которые принято называть культурным слоем (C^o).

Отходы промышленных предприятий в основном сосредоточены на окраинах города, прилегающих к заводским и фабричным территориям. Такие грунты частично или полностью представлены шлаком ТЭЦ, отходами гипсового и порохового завода, а также отвалами некоторых химических предприятий города. Мощность таких грунтов изменяется от 0.5 до 10 м, суммарная площадь составляет 4.3 км² (1.3% от площади города). В большинстве случаев при инженерно-геологических изысканиях в России физико-механические свойства таких грунтов не определяются, поскольку такие грунты, как правило, не используются в качестве основания для сооружений, также это обусловлено сложностью отбора монолитов и отсутствием специального оборудования для лабораторных испытаний. Тем не менее такие грунты нередко служат вмещающей толщей для подземных коммуникаций различного назначения (бетонные и железобетонные фундаменты, стальные и пластиковые трубопроводы, линии электропередачи и кабели связи со стальными, алюминиевыми и свинцовыми оболочками).

Разнородные насыпные грунты, начало формирования которых пришлось на период индустриализации, сосредоточены на территории промышленных и жилых кварталов советского и постсоветского периода. Мощность таких грунтов, как правило, составляет 1.5–3.0 м, если они покрывают склоны и тальвеги оврагов и балок, редко более 5.0 м, если они слагают тела бытовых свалок, их мощность может достигать 20–45 м. Их суммарная площадь в пределах городской территории составляет 46.8 км² (13.6% от площади города). «Старые» разнородные насыпные грунты (культурный слой) распространены в исторической части города, а также на территории древних слобод и монастырей. Формирование таких грунтов, вероятно, началось в период становления поселения, на рубеже X–XI вв. Мощность в некоторых случаях составляет 16–18 м (погребенные овраги), в большинстве случаев их мощность не превышает 3–6 м (низменные участки пойм, первые и вторые надпойменные террасы реки Волги и её притоков). Суммарная площадь, занимая такими грунтами составляет 10.2 км² (3.0% от площади города). Разнородные насыпные грунты представлены преимущественно смесью суглинков, супесей, песков со значительным содержанием строительного мусора (нередко 20–40%) и бытовых отходов, что предопределяет их неоднородность и различную сжимаемость. Практически все здания и сооружения, опирающиеся своими фундаментами на насыпные грунты, подверглись значительным деформациям (модуль деформации E : 1.9–10 МПа, угол внутреннего трения φ : 14°...24°, удельное сцепление c : 6.0–13.0 кПа).

2.2. Химическая, электрохимическая и микробиологическая агрессивности техногенных грунтов.

2.2.1. Агрессивность песчаных насыпных и намывных грунтов и глинистых насыпных грунтов. Ранее в работах Н. Жарковой и др. [8, 9] было показано, что химическая и электрохимическая агрессивности песчаных и глинистых грунтов на территории г. Казани во многом определяются степенью водонасыщения грунтов, а также химическим составом поровых растворов, то есть фактически гидрогеологическими условиями. На наш взгляд, это правило распространяется также на песчаные насыпные и намывные грунты, и глинистые насыпные грунты, поскольку они являются по своей сути перемещёнными аллювиальными породами с неизменившимся гранулометрическим и минеральным составом. Опираясь на сведения по гидрогеодинамическим и гидрогеохимическим условиям исследуемой территории, нами для насыпных и намывных песчано-глинистых грунтов были выделены следующие типы агрессивности (согласно нормативным документам РФ).

1. Сульфатная агрессивность по отношению к бетону – наиболее распространенный тип агрессивности для указанного типа грунтов (7.3 км², 2.14% от площади города). Практически все участки проявления сульфатной агрессивности по отношению к бетону приурочены к зонам восходящей разгрузки нижнепермский вод, которые характеризуются высоким содержанием сульфат-иона SO_4^{2-} . В основном это комплекс размытых купольных структур верхней части осадочного чехла, которые пространственно связаны с долиной реки Казанки и системой озёр Кабан. Здесь можно выделить все возможные масштабы сульфатной агрессивности – от слабой до высокой:

– высокая степень (0.84 км², 0.25% территории) в основном приурочена к намывным песчаным грунтам, в меньшей степени к насыпным песчаным и глинистым грунтам;

– средняя (0.89 км², 0.26% территории) и слабая (5.58 км², 1.63% территории) степени агрессивности в равной степени приурочены как к песчаным так и к глинистым насыпным и намывным грунтам.

2. Углекислотная агрессивность по отношению к бетону – преимущественно слабая (4.53 км², 1.32% территории), приурочена в большей степени к насыпным песчаным и глинистым грунтам. Средняя углекислотная агрессивность характерна лишь для небольшого участка, верхняя часть которого сложена глинистыми насыпными грунтами (0.22 км², менее 0.1% территории). Этот тип агрессивности пространственно связан с распространением позднеплейстоценовых и голоценовых торфяных грунтов, которые нередко подстилают насыпные и намывные грунты в пределах поймы, первой и второй надпойменных террас рек Волги и Казанки.

3. Все возможные степени рН-агрессивности, а также хлоридной и нитратной агрессивностей по отношению к свинцовой и алюминиевой оболочке кабелей характерны для всех глинистых насыпных и песчаных намывных и насыпных грунтов, расположенных в пределах комплекса низких террас (26.2 км², 7.6% площади). Наличие нитратной и хлоридной агрессивности связано здесь исключительно с антропогенным загрязнением грунтовых вод.

4. Повышенная и средняя коррозионная агрессивность по отношению к стали (удельное электрическое сопротивление ρ : 10–20 и 20–100 Ом·м соответственно) характерна для насыпных и намывных песчаных и глинистых грунтов, расположенных в пределах пойм, первых и вторых надпойменных террас рек Волги и Казанки (8.7 км², 2.5% и 14.7 км², 4.3% площади соответственно). Причём наименьшие значения удельного электрического сопротивления грунтов ρ характерны для зон восходящей разгрузки нижепермский вод, которые характеризуются минерализацией более 1 г/дм³. Грунты, расположенные в пределах комплекса высоких террас Волги, ввиду их незначительной влажности характеризуются низкой коррозионной агрессивностью по отношению к стали (удельное электрическое сопротивление ρ : более 100 Ом·м, 9.6 км², 2.8% территории соответственно).

2.2.2. Агрессивность разнородных насыпных грунтов, в состав которых входит бытовой и строительный мусор. Для оценки химической, электрохимической и микробиологической агрессивностей разнородных насыпных грунтов было проведено их дополнительное опробование. Отобранные нами образцы разнородного насыпного грунта подтипов С^о и С^м отличаются гранулометрическим составом, консистенцией, содержанием органических веществ, строительного и бытового мусора, следовательно, более полно характеризуют выделенные при районировании участки распространения таких грунтов. Среди них в основном преобладают глинистые грунты с содержанием органического вещества до 10%; содержание бытового и строительного мусора не превышает 50%. Если «культурный слой» представлен обломками камня, древесиной, керамическим кирпичом, фрагментами домашней утвари и костями домашних животных, то «молодые» неконсолидированные отложения в своём составе нередко содержат обломки бетона, железной арматуры, пластика и резины (табл. 2).

Табл. 2

Характеристика состава и строения исследуемых техногенных грунтов (пространственная привязка показана на рис. 2)

№ пробы	Под-тип	Описание	Содержание строительного и бытового мусора, %	Содержание органических веществ, %
4	C ^m	Суглинок полутвёрдый	40	5
7		Суглинок текучепластичный	2	2
8		Супесь пылеватая твёрдая	40	3
11		Песок пылеватый маловлажный	2	11
12		Суглинок тугопластичный	15	6
13		Суглинок текучепластичный	1	11
1	C ^o	Супесь твёрдая	25	4
2		Супесь твёрдая, с органикой различной степени разложённости (навоз, древесина)	10	9
3		Супесь пылеватая пластичная	5	2
9		Супесь пылеватая тугопластичная	5	3
10		Супесь пылеватая твёрдая	10	12
14		Суглинок тугопластичный	1	2
15		Торф (обломки древесной растительности, навоз)	50	47
5	C ⁱ	Дресвяно-щебнистый грунт (отвалы порохового завода)	80	4
6		Дресвяно-щебнистый грунт (отвалы порохового завода)	95	1

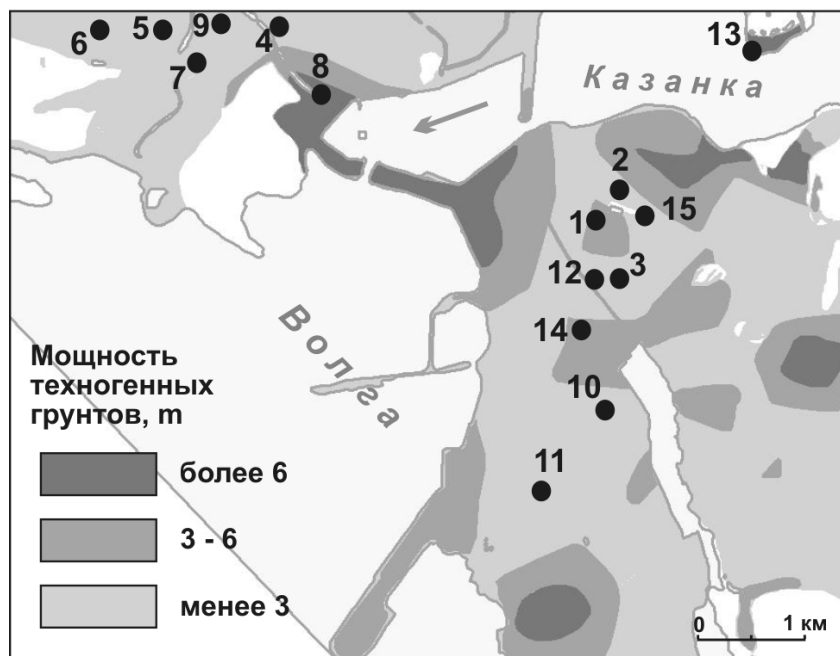


Рис. 2. Фрагмент карты мощности техногенных грунтов (центральная часть г. Казани), на которой показаны места отбора проб (см. табл. 2)

К сожалению, не представлялось возможным провести опробование с отбором монолитов, в связи с чем мы не можем предоставить данные по физико-механическим свойствам исследуемых грунтов.

Проведённые лабораторные исследования показали, что все исследуемые образцы разнородных насыпных грунтов характеризуются слабой бикарбонатно-щелочной агрессивностью по отношению к бетону и железобетону, высокой нитратной агрессивностью по отношению к свинцовой оболочке кабеля, а также высокой, реже средней хлоридной агрессивностью по отношению к алюминиевой оболочке кабеля. Столь высокие значения хлоридной и нитратной агрессивностей объясняются многолетним, а в некоторых случаях многовековым антропогенным загрязнением центральной части города. По величине сульфатной агрессивности к бетону и железобетону исследуемые образцы подтипов C^o и C^m в основном относятся к слабо- и среднеагрессивным, реже к неагрессивным и сильноагрессивным.

Подавляющее большинство исследуемых образцов характеризуется высокой, повышенной, реже средней коррозионной агрессивностью по отношению к углеродистой стали. Такие значения сульфатной агрессивности к бетону и железобетону и коррозионной агрессивности к стали объясняются как составом твёрдой компоненты грунтов, так и составом поровых вод (фактически грунтовых вод).

Проведённые микробиологические исследования (впервые при инженерно-геологических исследованиях для территории г. Казани) показали, что разнородные насыпные грунты характеризуются следующим групповым составом: аммонификаторы, агрессивные к бетону (1.9–52.5 млн/г); азотфиксаторы, способствующие деструкции практически всех типов подземных конструкций (0.25–17.0 млн/г); денитрификаторы (0.025–2.5 млн/г), сульфатвосстанавливающие бактерии (0.25–13.0 тыс./г), а также железобактерии (0.006–0.25 млн/г), увеличивающие агрессивность грунтов к металлам; актинобактерии (0–77.5 тыс./г) и микромицеты (0–120.0 тыс./г), агрессивные к бетону и древесине. К сожалению, незначительное число проб не позволяет нам выявить очевидные закономерности между составом грунтов и численностью микроорганизмов различных физиологических групп (табл. 3). Тем не менее можно предположить, что с ростом органических веществ в составе грунта численность аммонификаторов, азотфиксаторов, денитрификаторов и актинобактерий возрастает.

Отметим, что мы не можем достаточно полно оценить степень микробиологической агрессивности разнородных насыпных грунтов по отношению к материалам подземных конструкций, поскольку в настоящее время в России нет устоявшейся системы оценки такого рода агрессивности грунтов. Тем не менее, сравнивая наши результаты с результатами ранее проведённых исследований [11] микробиологического состава аллювиальных четвертичных грунтов, расположенных на территории с минимальной антропогенной нагрузкой (долина р. Свияги, в 50 км к западу от г. Казани), можно сделать вывод, что численность микроорганизмов, представляющих группы аммонификаторов, азотфиксаторов и микромицет в большинстве случаев в техногенных грунтах подтипов C^o и C^m значительно выше, чем в аллювиальных грунтах. Для других физиологических групп микроорганизмов такой закономерности не выявлено.

Табл. 3

Химическая и электрохимическая агрессивности разнородных насыпных грунтов

Подтип	Номер образца	Сталь	Бетон и железобетон		Алюминиевая	Свинцовая			
		ρ	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Оболочка кабеля			
			Ом·м	% от массы сухого грунта		рН	NO ₃ ⁻	Орган. в-во	% от массы сухого грунта
C ^m	4	m 45.0	L 0.067	L 0.033	H 0.007		L 7.1	H 0.007	
	7	h 8.8	L 0.031	L 0.042	H 0.011	L 7.1	H 0.002	H 2	
	8	h 7.5	L 0.043	L 0.045	H 0.007	L 7.3	H 0.001	H 3	
	11	m 30.4	L 0.037	M 0.069	H 0.020	L 7.3	H 0.063	H 11	
	12	i 12.4	L 0.049	M 0.086	M 0.004	L 7.1	H 0.006	H 6	
	13	h 8.9	L 0.060	H 0.333	H 0.005	L 6.8	H 0.044	H 11	
C ^o	1	h 9.8	L 0.054	L 0.033	H 0.018	L 6.9	H 0.005	H 4	
	2	h 6.2	L 0.061	H 0.302	H 0.007	L 6.9	H 0.107	H 9	
	3	h 7.7	L 0.031	- 0.024	L 0.004	L 6.8	H 0.001	H 2	
	9	i 15.2	L 0.061	L 0.030	H 0.005	L 7.3	H 0.002	H 3	
	10	i 19.9	L 0.027	M 0.050	M 0.004	L 7.1	H 0.002	H 12	
	14	h 6.2	L 0.012	M 0.056	H 0.133	M 5.8	H 0.021	H 2	
	15	h 9.5	L 0.079	- 0.018	H 0.797	L 6.8	H 0.021	H 47	
C ⁱ	5	vh 1.3	- 0	H 1.795	- 0	H 2.6	- 0	- 0	
	6	vh 5.0	- 0	H 0.902	- 0	H 1.8	- 0	- 0	

Буквенные обозначения:

- степень химической агрессивности: Н – высокая, М – средняя, L – низкая [2, 3];
- степень электрохимической агрессивности: vh – весьма высокая, h – высокая, i – повышенная, m – средняя, l – низкая [10].

Следовательно, можно предположить, что разнородные насыпные грунты на территории г. Казани в целом характеризуются большей микробиологической агрессивностью к подземным конструкциям, чем природные глинистые грунты (табл. 4).

2.2.2. Агрессивность грунтов промышленных отвалов. Для оценки химической, электрохимической и микробиологической агрессивностей грунтов, в составе которых входят промышленные отходы Cⁱ, было отобрано два образца

Табл. 4

Численность микроорганизмов различных физиологических групп в представленных образцах

№ образца	Под-тип	Аммонификаторы, млн/г	Азотфиксаторы, млн/г	Денитрификаторы, млн/г	Сульфатвосстанавливающие, тыс./г	Железобактерии, млн/г	Актинобактерии, тыс./г	Микромицеты, тыс./г
4	С ^м	2.5	0.75	0.025	0.25	0.025	12.0	32.5
7		5.4	9.9	0.6	13.0	0.025	15.5	23.7
8		6.5	13.3	0.025	0.25	0.006	19.0	120.0
11		6.5	3.3	2.5	0.25	0.25	77.5	10.0
12		5.2	2.3	0.25	0.5	0.025	11.5	60.0
13		21.0	1.7	0.6	0.25	0.025	9.0	35.0
1		С ^о	7.4	0.25	0.025	0.25	0.25	10.5
3	7.5		0.85	2.5	0.025	0.025	7.0	7.5
9	2.0		8.6	0.025	2.5	0.025	35.5	9.3
10	9.4		7.5	0.6	5.0	0.006	20.0	55.0
14	2.5		9.5	2.5	0.25	0.006	0.2	0
15	52.5		17.0	2.5	5.0	0.25	47.5	25.0
5	С ¹		4.0	0.65	0	0	0.025	3.5

Табл. 5

Результаты спектрального анализа грунтов отвалов порохового завода [12]

№ проб	С × 10 ⁿ , %														
	Ag	As	Au	B	Ba	Cd	Cu	Ga	La	Mn	Ni	Pb	Sr	Zn	Zr
<i>n</i>	-4	-2	-4	-3	-2	-3	-3	-3	-3	-2	-3	-3	-3	-2	-2
1	15	3	0.7	4	20	0.1	120	0.5	2.5	0.9	0.8	120	5	8	1
2	30	5	2	3	15	0.1	80	0.3	3	0.2	5	70	1.5	4	0.6
3	30	4	1	4	15	0.2	700	0.7	2.5	0.5	0.9	80	1.5	15	0.6
4	10	3	1.5	2.5	20	0.15	50	0.3	2.5	0.4	0.5	3	2	5	0.9

из отвалов Казанского порохового завода, частично перемешанных с супесчано-суглинистыми грунтами. В настоящее время подобными грунтами активно засыпается старое русло р. Казанки, они также являются вмещающей средой для фундаментов электрических подстанций, складских помещений, а также различных подземных коммуникаций, сопровождающих железнодорожные пути. По данным И. Жаркова и др. [12], в минеральном составе присутствуют гематит, пирит, галенит, арсенопирит и некоторые другие минералы группы сульфидов. Более того, по данным спектрального анализа указанные грунты характеризуются повышенной концентрацией титана, стронция, мышьяка, ванадия, свинца, золота (табл. 5).

На основании проведённых лабораторных исследований можно заключить, что изучаемые образцы грунта из отвалов порохового завода характеризуются высокой рН-агрессивностью по отношению к свинцовой и алюминиевой оболочкам кабеля, а также сильной сульфатной агрессивностью ко всем маркам бетона и железобетона, высокой и весьма высокой коррозионной активностью по отношению к углеродистой стали (табл. 3). Это объясняется как составом твёрдой компоненты грунтов, так и составом поровых вод.

Следует отметить, что чрезвычайно агрессивными по отношению ко всем конструктивным элементам инженерных сооружений являются не только грунты, но и циркулирующие в них грунтовые воды, которые используются промышленными предприятиями в качестве источника водоснабжения или разгружаются субаквальным путём в Куйбышевское водохранилище. В макрокомпонентном составе таких воды преобладает сульфат-ион SO_4^{-2} . Величина рН достигает 2.56, что сопоставимо со слабыми кислотами. В воде наблюдается повышенные концентрации меди, золота, кобальта и олова. Следует отметить, что территория, занятая отвалами порохового завода, насыщена промышленными предприятиями, где геологическая среда характеризуется наличием блуждающих токов, что без сомнения лишь усиливает и без того существенное коррозионное воздействие на подземные металлические конструкции [12].

По данным микробиологических исследований образцы грунта отвалов порохового завода характеризуются в целом более низкой численностью, а в некоторых случаях и отсутствием микроорганизмов по сравнению с другими разнородными насыпными грунтами (табл. 4). Это, видимо, обусловлено их повышенной кислотностью, весьма неблагоприятной для развития всего живого.

Заключение

По результатам районирования на территории г. Казани выделено четыре категории техногенных грунтов: разнородные насыпные грунты (17.9% территории), песчаные насыпные (3.5%), глинистые насыпные (3.5%), а также песчаные намывные (2.7%).

Песчаные насыпные и намывные грунты являются надёжным основанием для фундаментов сооружений. Глинистые насыпные и разнородные насыпные грунты, напротив, не являются таковыми, поскольку характеризуются многолетним и неравномерным уплотнением.

Подавляющее большинство техногенных грунтов исследуемой территории характеризуется сильной, средней и слабой сульфатной агрессивностью, слабой бикарбонатно-щёлочной и углекислотной агрессивностью к бетону и железобетону, хлоридной, нитратной и рН-агрессивностью к свинцовым и алюминиевым оболочкам кабеля.

Песчаные насыпные и намывные грунты, а также глинистые насыпные грунты характеризуются средней и высокой коррозионной агрессивностью к стали, тогда как разнородные насыпные грунты – высокой и повышенной.

Сульфатная и бикарбонатно-щелочная агрессивности грунтов обусловлены природными гидрогеохимическими условиями (за исключением грунтов отвалов порохового завода), тогда как хлоридная, нитратная и отчасти углекислотная агрессивности грунтов обусловлены антропогенным загрязнением геологической среды.

Грунты промышленных отвалов порохового завода сильно отличаются по составу и степени агрессивности от других категорий техногенных грунтов г. Казани: благодаря наличию в составе окислов и сульфидов металлов, а также очень низким значения рН они характеризуются высокой химической и электрохимической агрессивностями к бетону, железобетону и стали.

Разнородные насыпные грунты характеризуются более высокой микробиологической агрессивностью к подземным конструкциям по сравнению с природными песчано-глинистыми грунтами исследуемой территории.

С учетом вышесказанного можно заключить, необходимо более полное изучение химической и микробиологической агрессивностей различных категорий техногенных грунтов г. Казани, что в дальнейшем позволит разработать схему защиты подземных конструкций города от коррозии и разрушения.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Литература

1. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия г. Казани / Науч. ред. А.И. Шевелёв. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2012. – 235 с.
2. СП 28.13330.2012 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии». – М., 2012. – 99 с.
3. ГОСТ 9.602–2005. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. – М.: Стандартинформ, 2010. – 59 с.
4. Аникиев В.В., Лукомская К.А. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. – М.: Просвещение, 1977. – 125 с.
5. Колешко О.И. Экология микроорганизмов почвы. Лабораторный практикум. – Минск: Высш. шк., 1981. – 175 с.
6. Теннер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. – М.: Колос, 1993. – 175 с.
7. Латыпов А.И., Жаркова Н.И., Черныйчук Г.А. Районирование территории г. Казани по устойчивости грунтовых оснований к динамическому воздействию // Геотехника. – 2013. – № 1. – С. 52–58.
8. Zharkova N.I. Corrosive Characteristics of Soil in the Waterlogged Area of Kazan // Georesurces. – 2005. – No 1(9). – P. 44–45.
9. Zharkova N., Khuzin I. Groundwater aggressiveness as an important factor of engineering-geological conditions in the Kazan city (Russia) // Int. Multidisciplinary 12th Scientific GeoConference & EXPO SGEM 2012. – Albena, Bulgaria, 2012. – P. 117–126.
10. Грунтоведение / Под ред. Е.М. Сергеева. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. – 392 с.
11. Карпова Н.Ю., Гагарин А.Ю., Жаркова Н.И. К вопросу о влиянии Куйбышевского водохранилища на инженерно-геологические условия Зеленодольского района Республики Татарстан // Первая Всерос. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире». – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. – С. 10–13.
12. Жарков И.Я., Гизатуллина Л.И., Терновская И.А. Техногенные сернокислые грунты и связанные с ними экологические проблемы // Вестн. Татарстанского отд-ния Рос. экол. академии. – 2005. – № 2. – С. 3–4.

Поступила в редакцию
15.07.13

Жаркова Надежда Ивановна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: kazannad@rambler.ru

Чернийчук Глеб Александрович – аспирант кафедры общей геологии и гидрогеологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: glebkazan@mail.ru

Жарков Иван Яковлевич – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: ivan-zharkov@mail.ru

Галеев Рафаэль Кутдусович – начальник отдела инженерно-геологических изысканий, ОАО «КазГИСИЗ», г. Казань, Россия.

E-mail: anm@linet.ru

* * *

ARTIFICIAL SOILS IN KAZAN: FEATURES OF COMPOSITION FORMATION, STRUCTURE AND PROPERTIES

N.I. Zharkova, G.A. Cherniichuk, I.Ya. Zharkov, R.K. Galeev

Abstract

The zonation of the city of Kazan was conducted according to the type and thickness of artificial soils. The following categories of artificial soils were identified: sandy and loamy fill-up soils, sandy alluvial soils, soils from industrial dumps, modern heterogeneous fill-up soils which contain household and construction waste, and cultural layer soils. Special attention is paid to the engineering and geological assessment of the heterogeneous fill-up soils and industrial dumps. Our investigations show that these soils are characterized by high chemical and microbiological aggressiveness towards underground constructions, which undoubtedly require anti-corrosion actions.

Keywords: artificial soils, chemical aggressiveness of soils, microbiological aggressiveness of soils.

References

1. Shevelev A.I. (Ed.) Hydrogeological and Engineering-Geological Conditions in Kazan. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 2012. 235 p. (In Russian)
2. SP 28.13330.2012 “SNiP 2.03.11-85 Protection of Building Constructions against Corrosion”. Moscow, 2012. 99 p. (In Russian)
3. State Standard 9.602–2005. A Unified System of Anti-Corrosion and Anti-Aging Protection. Underground Constructions. General Requirements for Corrosion Protection. Moscow, Standartinform, 2010. 59 p. (In Russian)
4. Anikiev V.V., Lukomskaya K.A. Guide for Practical Studies on Microbiology. Moscow, Prosveshchenie, 1977. 125 p. (In Russian)
5. Koleshko O.I. Ecology of Soil Microorganisms. Laboratory Course. Minsk: Vyssh. shkola, 1981. 175 p. (In Russian)
6. Tepper E.Z., Shilnikova V.K., Pereverzeva G.I. Microbiology Practical Course. Moscow, Kolos, 1993. 175 p. (In Russian)
7. Latypov A.I., Zharkova N.I., Cherniichuk G.A. Zonation of Kazan according to the resistance of ground beds to dynamic impact. *Geotekhnika*, 2013, no. 1, pp. 52–58. (In Russian)
8. Zharkova N.I. Corrosive Characteristics of Soil in the Waterlogged Area of Kazan. *Georesources*, 2005, no. 1(9), pp. 44–45.

9. Zharkova N., Khuzin I. Groundwater aggressiveness as an important factor of engineering-geological conditions in the Kazan city (Russia). *Int. Multidisciplinary 12th Scientific GeoConference & EXPO SGEM 2012*, Albena, Bulgaria, 2012, pp. 117–126.
10. Sergeeva E.M. (Ed.) *Soil Science*. Moscow, Izd. Mosk. Univ., 1983. 392 p. (In Russian)
11. Karpova N.Yu., Gagarin A.Yu., Zharkova N.I. On the influence of the Kuibyshev Reservoir on the engineering and geological conditions in the Zelenodolsky District, Republic of Tatarstan. *Pervaya Vseros. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh "Geologiya v razvivayushchetsya mire"* [The First All-Russian Conf. "Geology in the Developing World" for Students, Post-Graduate Students and Young Researchers]. Perm, Perm. Gos. Univ., 2010, pp. 10–13. (In Russian)
12. Zharkov I.Ya., Gizatullina L.I., Ternovskaya I.A. Artificial sulfurous soils and the related ecological problems. *Vestn. Tatarstanskogo otdeleniya Ros. ekol. akad.*, 2005, no. 2, pp. 3–4. (In Russian)

Received
July 15, 2013

Zharkova Nadezhda Ivanovna – PhD in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Department of General Geology and Hydrogeology, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: kazannad@rambler.ru

Cherniichuk Gleb Aleksandrovich – PhD Student, Department of General Geology and Hydrogeology, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: glebkazan@mail.ru

Zharkov Ivan Yakovlevich – PhD in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Department of General Geology and Hydrogeology, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: ivan-zharkov@mail.ru

Galeev Rafael Kutdusovich – Head of the Department of Engineering and Geological Investigations, KazTISIZ OJSC, Kazan, Russia.

E-mail: anm@linet.ru