

3. *Котлов Ф. В.* Антропогенные геологические процессы и явления на территории города. М.: Наука, 1977. 172 с.

4. *Павловский А. И.* Закономерности проявления эрозионных процессов на территории Беларуси. Минск: Навука і тэхніка, 1994. 102 с.

5. *Широков В. М., Лопух П. С.* Переработка берегов водохранилищ Белоруссии (основные типы и стадии развития) // Современные рельефообразующие процессы / Под ред. Б. Н. Гурского, А. В. Матвеева. Минск: Наука и техника, 1986. С. 95–102.

УДК 624.131:504.5 (075.8)

ТЕХНОГЕННЫЕ НАМЫВНЫЕ И НАСЫПНЫЕ ГРУНТЫ: СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ

А. Н. Галкин¹, А. И. Павловский², О. В. Шершнёв²

¹Витебский государственный университет им. П. М. Машерова,
пр. Московский 33, 210038 Витебск, Республика Беларусь; galkin-alexandr@yandex.ru

²Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
ул. Советская 104, 246019 Гомель, Республика Беларусь; aipavlovsky@mail.ru

На поверхности литосферы при проведении различных строительных и горных работ, в результате производственной деятельности человека образуется достаточно большое количество отложений, представляющих собой или отходы хозяйственной деятельности человека (отвалы шахт, заводов, городские свалки и т. д.), или отложения, специально созданные человеком в строительных и производственных целях (намывные грунты, грунты обратной засыпки, насыпи дорог и т. д.). Эти образования получили название техногенных грунтов.

Техногенные грунты широко распространены на селитебных территориях, в местах добычи и переработки полезных ископаемых, вдоль линейных сооружений различного назначения, на сельскохозяйственных землях и др. Процесс их образования и накопления с наибольшей интенсивностью происходит главным образом в районах крупных городов и промышленных объектов. Объём этих отложений значителен и постоянно возрастает. К началу XXI в. мировой объём всех разновидностей техногенных осадков достиг 1 500 млрд м³. Не является исключением в этом процессе и территория Беларуси. По региональной оценке, выполненной А. В. Матвеевым с сотрудниками (1991), техногенные отложения на территории республики встречаются повсеместно. По их подсчётам за последние два века в стране под влиянием антропогенного фактора перемещено примерно 10 млрд м³ грунтов, а с учётом вспашки – около 25 млрд м³. При этом авторы оценки отмечают, что техногенное преобразование грунтов на территории Беларуси происходило и происходит крайне неравномерно. Даже средние значения коэффициента техногенной трансформации грунтов (в десятках тысяч метров кубических на квадратный километр) варьируют в интервале от 4,7 до 34,3, локальные же показатели изменяются практически от нуля до 4 000.

Техногенные грунты относятся к специфическим грунтам. Они характеризуются неоднородным составом и строением, высокой изменчивостью свойств в пространстве и во времени. Массивы техногенных грунтов образуют своеобразные формы техногенного рельефа. Составление прогноза взаимоотношений массивов техногенных грунтов с окружающей природной средой представляется сложной задачей. Специальные исследования техногенных грунтов при инженерно-

геологических изысканиях практически не проводятся; нормативно-методическая база не разработана из-за существующего многообразия техногенных грунтов и, главное, их малой изученности.

Насыпные грунты. Все массивы насыпных грунтов по технологии своего образования можно подразделить на планомерно отсыпанные (насыпи) и отвалы.

Планомерно отсыпанные техногенные грунты образуются в результате инженерно-строительной деятельности при возведении разнообразных земляных сооружений, гидротехническом, транспортном строительстве и т. д. Они слагают насыпи, плотины, площадки, используются для создания грунтовых подушек. Состав грунтов определяется в зависимости от инженерно-строительных задач. Для отсыпки используются крупнообломочные, песчаные и глинистые грунты. Состав отсыпанных массивов грунтов, как правило, однородный, за исключением особых случаев, когда создается глинистое противодиффузионное ядро в теле насыпной плотины и др.

Свойства насыпных грунтов определяются, главным образом, составом перемещаемых природных образований, их предварительной подготовкой и технологией ведения работ. Эти грунты чаще всего укладываются с послойным уплотнением укаткой, нередко с трамбованием при влажности, соответствующей влажности оптимального уплотнения. В связи с чем, насыпные грунты обладают заданными или близкими к ним физическими и физико-механическими свойствами, которые могут медленно изменяться во времени.

Техногенные грунты отвалов горного производства. При добыче твёрдых полезных ископаемых открытым и подземным способами вскрышные и вмещающие горные породы складываются в большинстве случаев на поверхности земли. Так образуются массивы насыпных грунтов – отвалы (при открытом способе добычи полезного ископаемого) и терриконы или шахтные отвалы (при подземной добыче). При этом формируются техногенно переотложенные грунты (преимущественно песчано-глинистого состава) и техногенно образованные (крупнообломочные, возникшие при дроблении скальных и полускальных грунтов).

В зависимости от способа доставки вскрышных пород отвалы делятся на бестранспортные, формирующиеся конвейерными ленточными транспортёрами или отвалообразователями, и транспортные, создающиеся с помощью автомобильной или железнодорожной техники. Бестранспортные отвалы, как правило, отсыпаются по откосу и по способу укладки образуют конические и хребтовые формы, а транспортные – послойно с образованием плоских форм. По месту расположения отвалы бывают внутренними и внешними. Первые создаются в отработанном пространстве карьера, вторые – на некотором расстоянии от горной выработки. По строению внешние отвалы подразделяются на одноярусные, когда отсыпка ведётся на почву (обычно они высотой 15–40 м с углом естественного откоса 32–40°) и многоярусные, когда отсыпка осуществляется на ранее отсыпанный отвал (имеют высоту 40–150 м и угол откоса 16–20°). По орографии выделяют отвалы высотные, углублённые (формируются в пониженных участках рельефа и используются при планировке территории) и подземные (засыпаемые в отработанное пространство под землей).

Техногенные грунты отвалов открытой разработки полезных ископаемых формируются за счёт местных природных грунтов, сложение которых нарушено в результате производства горнотехнических работ. Так, например, отвалы вскрышных пород отработанного доломитового карьера «Руба» в окрестностях Витебска, сформированные в разные годы эксплуатации карьера, сложены преимущественно

глинистыми грунтами, по составу представленными моренными суглинками и супесями с гравийно-галечным материалом (до 15 %), гнездами песков и обломками доломитов различного размера (до 10 %), суммарной мощностью более 17 м. Местами техногенные глинистые грунты перекрыты маломощными (2–4 м) переотложенными аллювиальными серовато-бурыми пылеватыми песками, иногда мелкими и средними, часто с супесчано-суглинистыми гнездами и линзами. К песчаным отвалам повсеместно приурочен горизонт грунтовых вод, вскрываемый на глубине 0,5–0,6 м.

По результатам инженерных изысканий, проведенных Витебским отделом РУП «Геосервис», песчаные грунты этих отвалов преимущественно рыхлого сложения, коэффициент пористости их в среднем составляет 0,73, коэффициент фильтрации – 0,52 м/сут, угол естественного откоса в сухом состоянии – 44°, под водой – 32° [1].

Отвальные глинистые грунты обладают высокой плотностью и находятся преимущественно в полутвердой и тугопластичной консистенции, имеют умеренную естественную влажность, слабоводопроницаемы, при промерзании склонны к пучению. Сжимаемость насыпных глинистых грунтов в основном средняя, их модуль деформации по компрессионным испытаниям в интервале нагрузок $1\text{--}2 \times 10^5$ Па составляет 3,2–5,9 МПа, сцепление – $0,18\text{--}0,31 \times 10^5$ Па (по данным лабораторных исследований $0,45\text{--}0,52 \times 10^5$ Па), коэффициент внутреннего трения изменяется 0,195–0,28 (по лабораторным данным 0,093–0,193).

Свойства техногенных грунтов отвалов отличаются от свойств грунтов в естественном залегании. Происходящие при разработке, транспортировке и складировании нарушения структурных связей грунтов, гранулометрического состава и влажности приводят к тому, что техногенные грунты обладают меньшей плотностью и прочностью по сравнению с природными.

В отвалах происходят различные процессы, влияющие на состав, состояние и свойства отсыпанных грунтов: выветривание; обвалы и оползни в откосах отвалов; формирование техногенного водоносного горизонта; образование суффозионных провалов и т. д. При рекультивации отвалов проводятся специальные мероприятия по предотвращению развития нежелательных процессов и явлений (выполаживание откосов, террасирование склонов, землевание, фитомелиорация и др.).

Техногенные грунты терриконов формируются при отсыпке на поверхности земли вскрышных и вмещающих пород при подземной разработке различных полезных ископаемых, в частности при добыче углей. В их составе преобладают обломки сланцев, аргиллитов, алевролитов, песчаников, присутствуют уголь (от 12 до 40 %, в среднем 20 %), древесина (обломки крепи, шпалы и т. д.), различные металлические предметы (куски труб, рельсов). Состав углей предопределяет состав грунтов терриконов. При добыче бурых углей в отвалах преобладают глины, длиннопламенных и газовых углей – обломки аргиллитов, жирных и коксующихся углей – обломки глинистых сланцев.

Техногенные грунты строительных отвалов. Новое строительство, снос и реконструкция различных зданий и сооружений, прокладка коммуникаций, многочисленные планировочные работы на территории городов приводят к формированию отвалов грунтов, извлекаемых в ходе земляных работ из наземных и подземных горных выработок. Такие отвалы носят название «строительные отвалы». При экскавации, транспортировке и складировании происходит неизбежное нарушение естественного сложения грунтов, что является определяющим фактором формирования их строительных свойств и качеств [1]

Строительные отвалы – это непланируемо отсыпанные массивы техногенных грунтов. По составу среди них можно выделить две группы:

1) сложенные преимущественно природными грунтами, перемещаемыми из строительных котлованов и при планировке местности (содержат до 5 % строительного мусора);

2) сложенные перемещенными природными грунтами с примесью строительного мусора более 5 % и бытовых отходов, из-за особенностей состава по свойствам близкие к свалкам.

Они имеют площадное распространение, связаны, как правило, с развитием городского строительства и занимают различные понижения рельефа (овраги, балки, болота, пруды, поймы и русла рек и т. д.). При этом размеры площадей насыпных грунтов и их мощности определяются природным рельефом. Их состав зависит от состава отсыпаемого строительного мусора и литологии местных или привозных грунтов, перемещаемых в отвал.

Техногенные грунты строительных отвалов характеризуются неоднородностью строения, поскольку слагающие их грунты природного происхождения отсыпаются вместе со строительным мусором. Сортировка материала отсутствует. В результате переотложения меняется дисперсность грунтов, очевидно, по двум причинам: привноса более крупного материала и некоторой относительной потери тонкодисперсного пылевато-глинистого материала. Даже если примесь строительных отходов отсутствует, дисперсность может уменьшиться из-за распыления тонкого и лёгкого материала при разработке и перевозке местного природного грунта, а также возможных эрозионных и суффозионных процессов в отсыпанном массиве [1].

Грунты строительных отвалов сжимаемы при дополнительных нагрузках, их несущая способность низкая. В случае необходимости ведения строительства на таких грунтах используют свайные фундаменты или проводят усиление основания.

Согласно исследованиям Ю. М. Лычко (1982), достаточно эффективным является предварительное уплотнение строительных отвалов. Например, использование тяжелых трамбовок в отдельных случаях позволяет увеличить несущую способность оснований от 0,05–0,1 МПа (в исходном состоянии) до 0,15–0,25 МПа (после уплотнения).

Основными инженерно-геологическими особенностями техногенно переотложенных грунтов строительных отвалов являются следующие [1]:

1) неоднородность состава и строения, которая возрастает с увеличением мощности отложений;

2) содержание крупнообломочных включений (строительных отходов и пр.) в среднем менее 5%;

3) нейтральная и слабощелочная реакция среды; присутствие водорастворимых солей может обуславливать коррозионную активность грунтов к металлическим конструкциям;

4) небольшие изменения в минеральном составе по сравнению с природными аналогами, связанные с влиянием процессов выветривания;

5) малая дисперсность за счёт привноса крупнообломочного материала и (или) «потерь» мелкопылеватых и глинистых частиц;

6) низкая коллоидная активность грунтов;

7) широкие вариации влажности и степени влажности, при этом низкие значения плотности, повышенная пористость;

8) неудовлетворительные физико-механические характеристики: повышенная сжимаемость, пониженная прочность.

Намывные грунты. Намывные грунты создаются целенаправленно с использованием гидромеханизированных технологий: в понижениях рельефа при подготовке территории к строительству, как намывные сооружения из грунтовых материалов и как запасы строительного материала для устройства насыпей при последующем освоении территорий. В результате возникают планомерно возведенные массивы намывных грунтов, формирование состава, строения и свойств которых определяется тремя группами факторов: геологических, технологических и технических.

Массив намывных грунтов в инженерно-геологическом отношении может рассматриваться как геотехническая система или литотехническая система, включающая два взаимодействующих элемента: нижний – литосферный, представленный толщей грунтовых образований, находящейся в естественном залегании, и верхний – технический, представленный намывными грунтами. Фильтрационные, деформационные и прочностные свойства подстилающих грунтов во многом определяют характер и сроки консолидации намывного массива в целом. Поскольку намыв производится обычно на пониженных участках речных долин, грунтовые основания представлены слабо литифицированными разностями.

В Беларуси гидронамыв грунтов в основном применяется на юге страны, в пределах пойменных территорий Белорусского Полесья. Характерной особенностью отложений грунта, образовавшегося в результате намыва, является слоистая структура, которая формируется при небольшой интенсивности намыва, когда частицы грунта успевают избирательно отложиться на откосе намыва. При большой скорости наращивания частицы грунта укладываются хаотично. В случае слоистого строения намывного массива отмечается различие величин показателей фильтрационных свойств в продольном и нормальном относительно напластования направлениях. Практически сразу после прекращения процесса надводного намыва приобретают соответствующие проектные величины плотности скелета и влажности.

Библиографические ссылки

1. *Галкин А. Н.* Инженерная геология Беларуси: в 3 ч. Витебск: ВГУ им. П. М. Машерова, 2016. Ч. 1. Грунты Беларуси / Под ред. В. А. Королёва. 367 с.

УДК 502:550(476)

ТЕХНОМОРФЫ КОММУНАЛЬНОГО ТИПА НА ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ

Е. А. Кухарик

Институт природопользования НАН Беларуси, ул. Ф. Скорины 10,
220114 Минск, Республика Беларусь; shzhk@mail.ru

Земная поверхность территории юго-западной Беларуси на современном этапе активно преобразуется в результате хозяйственной деятельности человека. Это приводит к появлению новых форм рельефа – техноморф, в число которых включены сооружения, возникающие в процессе строительства и эксплуатации полигонов и мини-полигонов твёрдых отходов.