

# Техногенные грунты

*Допущено  
Министерством образования  
Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия  
для студентов  
учреждений высшего образования  
по специальности  
«Геология и разведка месторождений  
полезных ископаемых»*

Минск  
 «Вышэйшая школа»  
2020

УДК 624.131.1(075.8)  
ББК 26.3я73  
Т90

Авторы: *А.Н. Галкин, А.Ф. Акулевич, А.И. Павловский, О.И. Галезник*

Рецензенты: кафедра региональной геологии географического факультета Белорусского государственного университета (профессор кафедры доктор геолого-минералогических наук *А.Ф. Санько*); заведующий кафедрой географии и природопользования учреждения образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина» доктор геолого-минералогических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси *М.А. Богдасаров*

**Техногенные грунты** : учебное пособие / А. Н. Галкин [и др.]. –  
Т90 Минск : Вышэйшая школа, 2020. – 192 с. : ил.  
ISBN 978-985-06-2579-3.

Учебное пособие нацелено на выработку у специалистов-геологов системы знаний о составе, свойствах, методах и способах формирования техногенных грунтов, а также особенностях инженерно-геологических изысканий на территориях их распространения.

Для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» специализации «Инженерная геология и гидрогеология». Может быть полезно для студентов и магистрантов естественнонаучных факультетов, специалистов в области почвоведения, экологии, строительства и других специальностей, имеющих отношение к изучению верхних горизонтов литосферы как объекта инженерной деятельности человека.

**УДК 624.131.1(075.8)**  
**ББК 26.3я73**

*Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.*

**ISBN 978-985-06-2579-3**

© Оформление. УП «Издательство  
“Вышэйшая школа”», 2020

# ВВЕДЕНИЕ

---

Актуальность спецкурса «Техногенные грунты» для специалистов инженеров-геологов обусловлена интенсивным накоплением и широким распространением на поверхности Земли различных техногенных образований, являющихся объектом инженерно-геологических изысканий в качестве оснований зданий и сооружений, среды для размещения городских коммуникационных сетей и т.п., а также материала инженерных сооружений (дорог, насыпей, дамб, земляных плотин и т.д.).

Целью спецкурса является углубленное знакомство студентов с разновидностями техногенных грунтов, их классификацией, составом, свойствами, методами и способами формирования, а также особенностями инженерно-геологических изысканий на территориях их распространения.

В инженерной геологии к моменту создания данной дисциплины искусственные образования были описаны Ф.В. Котловым (1978) в работах, посвященных изменению геологической среды под влиянием деятельности человека, М.И. Хазановым в монографии «Искусственные грунты, их образование и свойства» (1975). Обзорная информация «Использование промышленных отходов для устройства оснований зданий и сооружений» была составлена Ю.М. Лычко (1982), которая систематизировала опыт возведения различных промышленных сооружений на искусственных грунтах. Ю.М. Абелевым и В.И. Крутовым (1962) в монографии «Возведение зданий и сооружений на насыпных грунтах» отражены особенности насыпных грунтов, а Е.Ф. Винокуровым и А.С. Карамышевым (1980) в книге «Строительство на пойменно-намывных основаниях» — особенности намывных грунтов. Обширная информация о техногенных грунтах содержится в учебниках и монографических изданиях нового поколения, среди которых следует отметить классический учебник «Грунтоведение» коллектива авторов под ред. В.Т. Трофимова (2005), учебное пособие Е.Н. Огородниковой и С.К. Николаевой «Техногенные грунты» (2004, 2017), монографии «Инженерная геология России. Т. 1. Грунты России» под ред. В.Т. Трофимова, Е.А. Вознесенского, В.А. Королева (2011), «Инженерная геология Беларуси. Ч. 1: Грунты Беларуси» А.Н. Галкина под науч. ред. В.А. Королева (2016). Все эти работы легли в основу читаемого курса и настоящего учебного пособия.

При написании пособия авторы придерживались понятий и терминов, принятых в современной учебной и научной литературе по грунтоведению, а также в отечественных инженерно-геологических нормативно-методических документах. При этом следует заметить, что в действующем в Республике Беларусь государственном стандарте СТБ 943–2007 «Грунты. Классификация» понятие «техногенный грунт» отсутствует. Вместо него фигурирует понятие

«искусственный грунт». Согласно нормативному документу, это грунт природного происхождения, закрепленный или уплотненный различными методами, насыпной и намывной, а также твердые отходы производств и бытовые. Данной формулировке, по нашему мнению, как и по мнению многих других специалистов (А.П. Афонин, Е.А. Вознесенский, И.С. Дудлер, Р.С. Зянгиров, В.А. Королев, Ю.М. Лычко, С.К. Николаева, Е.Н. Огородникова, В.Т. Трофимов и др.), свойственны определенные недостатки:

- понятие «искусственный» фактически не допускает применения в указанной формулировке понятия «природный» и не объясняет генезис происхождения этого типа отложений, которые образуются прежде всего за счет технической деятельности человека;
- отсутствует упоминание о важном типе естественных грунтов, которые изменены нецеленаправленным техногенным воздействием, что приводит к их разуплотнению и разупрочнению;
- должен быть сделан акцент на то, что в процессе техногенной деятельности человека происходит образование новых типов отложений, причем чаще всего путем планомерных и сознательных мероприятий;
- понятия «насыпные», «намывные», «уплотненные», «закрепленные» — это классификационные таксоны, которых не должно быть в общей формулировке.

Из сказанного следует, что в вышеприведенном определении «искусственный грунт» необходимо заменить на «техногенный грунт», поскольку последнее более точно характеризует происхождение этих отложений и охватывает как измененные естественные грунты, так и новые материалы, не имеющие аналогов в природе по своему вещественному составу.

Учебное пособие «Техногенные грунты» подготовлено коллективом авторов из числа преподавателей учреждений высшего образования, много лет занимающихся изучением грунтов территории Беларуси, в том числе и техногенных. Оно рассматривается как базовый элемент учебно-методического и дидактического обеспечения соответствующего спецкурса, содержит различный иллюстративный, фактический и табличный материал, что делает его полезным и в практике инженерно-изыскательских и строительных работ.

Авторы считают своим долгом выразить глубокую признательность заслуженному работнику высшей школы Российской Федерации, профессору кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, члену-корреспонденту РАЕН доктору геолого-минералогических наук, профессору В.А. Королеву за ценные предложения, позволившие улучшить структуру и содержание данного учебного пособия.

## Общее понятие о техногенных грунтах, их классификация и факторы образования

---

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, иногда именуемых антропогенными.

В настоящее время именно под *техногенными грунтами* понимают естественные грунты и почвы, измененные и перемещенные в результате производственной и хозяйственной деятельности человека, и антропогенные образования.

Под *антропогенными образованиями* следует понимать твердые отходы производственной и хозяйственной деятельности человека, в результате которой произошли коренные изменения состава, структуры и текстуры природного минерального и органического сырья.

Техногенные грунты получили широкое распространение 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. Объем этих отложений значителен и постоянно возрастает. К началу XXI в. мировой объем всех разновидностей техногенных осадков достиг 1500 млрд м<sup>3</sup> [1]. Не является исключением в этом процессе и территория Беларуси. По региональной оценке [2], техногенные отложения на территории республики встречаются повсеместно. По подсчетам, за последние два века в стране под влиянием антропогенного фактора перемещено примерно 10 млрд м<sup>3</sup> грунтов, а с учетом вспашки – около 25 млрд м<sup>3</sup>. 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 0 до 4000.

Техногенные грунты относятся к специфическим грунтам. Они характеризуются неоднородным составом и строением, высокой изменчивостью свойств в пространстве и 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.

Идея необходимости изучения техногенных грунтов была высказана академиком Е.М. Сергеевым в конце 1970-х – начале 1980-х гг. в связи с решением задач по охране геологической среды. С тех пор она постоянно развивается и совершенствуется.

За последние несколько десятилетий представлено довольно много различных частных, региональных и общих классификаций техногенных грунтов. Одной из первых отечественных стала частная классификация планомерно возведенных насыпных грунтов Ю.М. Абелева и В.И. Крутова [3] (табл. 1.1). В опубликованной через 20 лет Ю.М. Лычко [4] классификации техногенных грунтов как оснований сооружений (табл. 1.2) показано значение однородности состава и строения, важным следствием чего является постоянство (или, наоборот, изменчивость) физико-механических свойств грунтов. Автором выделены планомерно возведенные насыпи, отвалы грунтов и отходов производств, а также свалки грунтов, отходов производств и бытовых отходов. В составе техногенных грунтов помимо природных дисперсных разностей присутствуют шлаки, золы, хвосты и пр. Давность отсыпки указывает на завершенность (или, наоборот, развитие) литогенетических преобразований в насыпных грунтах (слежавшиеся, неслежавшиеся) [4].

*Таблица 1.1. Классификация планомерно возведенных насыпных грунтов [3]*

Способ отсыпки	Состав	Время консолидации, месяцы
Гидротранспорт	Песчаные	2
	Пылеватые	
	Глинистые	
Автомобильный, железнодорожный транспорт	Песчаные	4–6
	Пылеватые	
	Глинистые	

Разработаны частные классификации техногенных месторождений [5], техногенных видов минерального строительного сырья [6], в которых техногенные грунты в отвалах промышленных и строительных отходов представляются в качестве техногенного сырья и даже указываются возможные направления его «вторичного» использования [7].

Таблица 1.2. Классификация техногенных грунтов как оснований сооружений [4]

Однородность состава и сложения	Способ отсыпки	Состав	Давность отсыпки
Планомерно возведенные насыпи	Отсыпанные гидро-транспортом (намывные грунты)	Песчаные, песчано-пылеватые, глинистые	Слежавшиеся, неслежавшиеся
Отвалы грунтов и отходов производств	Отсыпанные гидро-транспортом	Золы ТЭЦ, хвосты обогатительных фабрик	
	Отсыпанные по откосу сразу на высоту	Песчаные, глинистые четвертичных отложений и коренных пород	
	Отвалы отходов производств	Шлаки, формовочная земля, золы, хвосты обогатительных фабрик, неорганические отвалы строительных производств и пр.	
Свалки грунтов, отходов производств и бытовых отбросов	Отсыпанные по откосу сразу на всю высоту, отсыпанные слоями	С содержанием органических веществ: до 10%, от 10 до 30%, от 30 до 60%, более 60% (бытовые отбросы)	

К региональным классификациям техногенных грунтов можно отнести классификацию антропогенных отложений Ташкента [8], классификацию техногенных отложений Западного Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса (КАТЭК) [9], классификацию техногенных отложений Москвы [10] и др. Их появление обусловлено освоением территорий, где техногенные грунты приобрели широкое площадное распространение.

Наиболее высокому уровню теоретического обобщения накопленного материала соответствуют, как известно, общие классификации. Первой стала классификация антропогенных отложений, предложенная Ф.В. Котловым [11] (табл. 1.3). В ней выделены четыре таксона: *группа* (обособлена по условиям образования – наземные, подводные, подземные), *генетический комплекс* (связан с технологией образования – насыпные, намывные, искусственно преобразованные и т.д.), *надкласс* (определяется видом деятельности – строительные, горные, промышленные и др.), *класс* (содержит краткую характеристику отложений). Несмотря на некоторую нечеткость в таксономических признаках

Таблица 1.3. Классификация антропогенных отложений [11]

Группа	Генетический комплекс	Надкласс	Класс	
Наземные	Насыпные	Строительные	Насыпные террасы и стройплощадки, земляные сооружения, подсыпки, грунтовые подушки, грунтовые строительные отвалы, строительные свалки	
		Горные	Отвалы подземных и поверхностных выработок	
		Промышленные	Отходы разных производств	
	Намывные	Хозяйственно-бытовые	Курганы, мотильники, площадные культурные слои, свалки хозяйственно-бытовых отходов	
		Строительные	Грунты намывных площадей, грунты намывных сооружений	
		Горные	Гидроотвалы вскрышных пород	
		Промышленные	Гидронамыв хвостохранилищ и дисперсных отходов производства	
	Поводные	Отложения искусственных водоемов	Хозяйственно-бытовые	Гидротранспортированные отходы
			Отложения водохранилищ	Класс не нормируется
			Отложения каналов	
Искусственные подводные грунты		Отложения прудов	Класс не нормируется	
		Грунты подводных сооружений		
		Грунтовые отвалы		
		Мусорные свалки		
Антропогенно-природные осадки естественных водоемов	Речные	Класс не нормируется		
	Озерные			
	Морские и океанические			



Подземные	Искусственно преобразованные в естественном залегании	Горные	При подземной добыче горным способом, при добыче подземным растворением, при подземной газификации, при подземной перегонке сланцев, при термическом выжигании, остаточные продукты подземных пожаров
		Строительные	Грунты необратимо мелиорированные
	Погребенные инородные тела и сооружения	Строительные	Подземные части зданий и сооружений, засыпанные гора, поселки, ирригационные сооружения, дороги
		Горные	Материал закладки и тампонирования выработок, накопление подземного культурного слоя
	Военные	Хозяйственно-бытовые	Насыпные грунты в подземных местах обитания, селитбные кладбища, погребенные колодцы, хранилища
		Военные	Скопления металлических средств поражения, остатки подземных военных сооружений, засыпанные окопы, траншеи и воронки, засыпанные рвы, линейные галереи, погребения людей и животных на полях сражений

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

ВВЕДЕНИЕ .....	3
<b>ГЛАВА 1. Общее понятие о техногенных грунтах, их классификация и факторы образования .....</b>	<b>5</b>
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	<i>20</i>
<b>ГЛАВА 2. Характеристика техногенных грунтов, созданных преобразованием природных грунтов в условиях их естественного залегания .....</b>	<b>22</b>
2.1. Улучшенные грунты .....	22
2.1.1. Скальные грунты .....	22
2.1.2. Дисперсные грунты .....	25
2.1.3. Криогенные грунты .....	50
2.2. Ухудшенные грунты .....	53
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	<i>59</i>
<b>ГЛАВА 3. Характеристика техногенных грунтов, созданных перемещением природных грунтов в процессе строительной и другой производственной деятельности .....</b>	<b>60</b>
3.1. Насыпные грунты .....	60
3.2. Намывные грунты .....	71
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	<i>86</i>
<b>ГЛАВА 4. Характеристика техногенных грунтов, созданных как отходы хозяйственной деятельности человека .....</b>	<b>88</b>
4.1. Насыпные промышленные грунты .....	88
4.2. Намывные промышленные грунты .....	106
<i>Вопросы для самоконтроля.....</i>	<i>118</i>
<b>ГЛАВА 5. Особенности инженерно-геологических изысканий на территориях распространения техногенных грунтов .....</b>	<b>119</b>
5.1. Общие положения и содержание инженерно-геологических изысканий .....	119
5.2. Инженерно-геологические изыскания для разработки предпроектной документации .....	125
5.3. Инженерно-геологические изыскания для разработки проекта .....	127
5.4. Инженерно-геологические изыскания для разработки рабочей документации, а также в период строительства и эксплуатации зданий и сооружений .....	129
<i>Вопросы для самоконтроля .....</i>	<i>131</i>

<b>ГЛАВА 6. Опыт создания и использования техногенных грунтов в качестве оснований и среды для различных инженерных сооружений. Техногенные грунты как полезные ископаемые</b> .....	133
<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	147
<b>ГЛОССАРИЙ</b> .....	148
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	186

Учебное издание

**Галкин Александр Николаевич**  
**Акулевич Анатолий Францевич**  
**Павловский Александр Илларионович**  
**Галезник Ольга Ивановна**

## **ТЕХНОГЕННЫЕ ГРУНТЫ**

Учебное пособие

Редактор *Е.В. Савицкая*  
Художественный редактор *Т.В. Шабунько*  
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*  
Компьютерная верстка *Н.В. Шабуня*  
Корректор *Е.В. Савицкая*

Подписано в печать 27.02.2020. Формат 70×90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,04. Уч.-изд. л. 12,0. Тираж 200 экз. Заказ 473.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство «Вышэйшая школа»». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/3 от 08.07.2013. Пр. Победителей, 11, 220004, Минск. e-mail: market@vshph.com http://vshph.com

Открытое акционерное общество «Типография «Победа»». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 2/38 от 29.01.2014. Ул. Тавлая, 11, 222310, Молодечно.