

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

ЖУРНАЛ ОСНОВАН В ЯНВАРЕ 1979 г.

1 • 1990

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

январь — февраль

МОСКВА «НАУКА»

## СОДЕРЖАНИЕ

Вознесенский Е. А., Федотов А. Ю., Кешишев В. Н. Инженерно-геологические исследования глубоководных илов Мирового океана: состояние проблемы (обзор)	3
Энгельс А. А. О неоднородности крупнообломочных грунтов и масштабных эффектах	26
<b>Грунтоведение</b>	
Зиангиров Р. С., Кутергин В. Н., Массух М., Куваев С. А. Закономерности деформирования крупнообломочных грунтов при циклическом нагружении	33
Яницкий П. А. Влагоперенос и льдонакопление в дисперсных породах	44
<b>Инженерная геодинамика</b>	
Корженевский Б. И., Корженевский И. Б., Борисенко Л. С., Селюков Е. И. Экзогенные и эндогенные факторы гравитационного деформирования склонов Южного берега Крыма	51
Болиховский В. Ф., Кюнтцель В. В. Развитие оползней в многолетнемерзлых породах тундры Западной Сибири	65
<b>Региональная инженерная геология</b>	
Башкина В. П. Типизация геологической среды при мелiorативном воздействии на основе стратиграфо-генетических показателей (на примере Владимирской области)	71
<b>Охрана геологической среды</b>	
Жигалин А. Д., Локшин Г. П., Просунцова Н. С. Опыт количественной оценки техногенного воздействия на геологическую среду	79
<b>Методы и методика исследований</b>	
Николаев С. В., Сенатская Г. С., Свиточ Н. А., Толстых Т. Н. Методический подход к разработке рекомендаций по охране геологической среды в горнодобывающих районах	86
Лёхов М. В. Простые геофильтрационные модели верховых горизонтов на участках ГАЭС	94
Богословский В. А., Григорьева Р. П., Ильина Е. Б., Кузьмина Э. Н., Огильви А. А., Перваго Т. В. Геофизическое моделирование геологической среды Московского региона	104
<b>Обсуждаем нормативные документы</b>	
Афонин А. П., Дудлер И. В., Зиангиров Р. С., Лычко Ю. М., Огородникова Е. Н., Спиридонов Д. В., Черняк Э. Р., Дроздов Д. С. Классификация техногенных грунтов	115

УДК 624.131

© 1990 г.

А. П. АФОНИН, И. В. ДУДЛЕР, Р. С. ЗИАНГИРОВ,  
Ю. М. ЛЫЧКО, Е. Н. ОГОРОДНИКОВА, Д. В. СПИРИДОНОВ,  
Э. Р. ЧЕРНЯК, Д. С. ДРОЗДОВ

### КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ

Приведен анализ существующих классификаций искусственных грунтов, показаны их достоинства и недостатки. Предлагается и обосновывается новое понятие «техногенный грунт». Приводится классификация техногенных грунтов.

Использование отходов производственной и хозяйственной деятельности человека — одна из актуальных задач настоящего времени.

Для оптимального использования в целях строительства различных типов искусственных (по терминологии ГОСТа 25100-82) грунтов необходима детальная характеристика их инженерно-геологических свойств, что требует разработки соответствующих нормативных документов и в первую очередь классификации этих отложений. Существующая классификация искусственных грунтов (ГОСТ 25100-82 [2]) не соответствует возросшим требованиям современной практики изысканий.

Среди классификаций искусственных грунтов могут быть выделены общие, частные, региональные. Общие классификации охватывают все наиболее распространенные типы искусственных грунтов. Частные классификации развивают общую классификацию, подразделяют техногенные грунты на более низкие таксономические ранги, исходя из определенных количественных показателей. Региональные классификации рассматривают искусственные грунты применительно к определенным территориям.

К общим классификациям искусственных грунтов, разработанным в настоящее время, могут быть отнесены классификации Ф. В. Котлова [3] и М. И. Хазанова [6]. Впервые в работах Ф. В. Котлова сформулировано понятие «антропогенный литогенез» как «геологический процесс образования молодых в геологической истории земли отложений, связанных с хозяйственной деятельностью человека», а также показано, что антропогенные отложения занимают значительные площади, возраст их может изменяться от нескольких лет до нескольких миллионов лет, начиная с появления человека. Классификация включает четыре основных таксона: группы выделяются по условиям образования на наземные, подземные и подводные; генетический комплекс определяется технологией образования; надкласс — видом промышленного воздействия, обусловившего образование искусственных грунтов; классы разделены по породам. Однако излишняя детализация классов, например в разделе подземных горных грунтов, искусственно преобразованных в естественном залегании, и отсутствие классификационных показателей деления приводят к необходимости ее преобразования.

В работе М. И. Хазанова [6] рассматриваются особенности распространения техногенных грунтов и их классификация. Заслугой М. И. Хазанова явился подход к количественной оценке распространения техногенных грунтов в соответствии с интенсивностью их образования. Классификация включает два раздела: типизацию искусственных грунтов по условиям формирования и деление по составу и инженерно-геологи-

ческим особенностям. По условиям образования выделяются три таксона: подгруппы по способу образования, тип по технологии образования, подтип по источнику накопления. Разделение по инженерно-геологическим особенностям включает: вид по составу грунта, подвид по крупности материала, разновидность по показателям свойств. Выделение видов и подвидов и особенно разновидностей позволяет отождествлять эту часть классификации искусственных грунтов с существующей классификацией ГОСТа [2] на грунты. Недостатком классификации М. И. Хазанова является отсутствие взаимосвязи таксонов искусственных грунтов с их инженерно-геологическими свойствами.

К общим классификациям грунтов, включающим искусственные скальные и дисперсные грунты, могут быть отнесены Общая классификация немерзлых грунтов Е. М. Сергеева [5] и ГОСТ 25100-82 [2]. В последней классификации грунты подразделяются на: классы по характеру структурных связей; группы по происхождению; подгруппы по условиям формирования; типы по петрографическому, гранулометрическому составу и степени его неоднородности, числу пластичности; виды по структуре, текстуре, составу цемента, плотности сложения, относительно содержанию и степени разложения органических веществ, по способу преобразования грунтов и степени уплотнения от собственного веса; разновидность — по физическим, физико-механическим, химическим свойствам и состоянию. Однако краткое перечисление основных разновидностей техногенных грунтов в этих классификациях не может удовлетворять современным задачам инженерной геологии и охраны геологической среды.

Классификации Ю. М. Абелева и В. И. Крутова, Ю. М. Лычко, А. М. Худайбергенова [1, 4, 7] относятся к частным классификациям. В них детально охарактеризованы отдельные типы техногенных грунтов, что позволяет детализировать общую классификацию.

Анализ существующих классификаций показывает их несовершенство, что обусловлено излишней детальностью, затрудняющей пользование, отсутствием количественных признаков выделения отдельных таксонов, особенно низкого ранга (общие классификации), либо детальной инженерно-геологической характеристикой отдельного класса в частных классификациях. Действующая классификация ГОСТа в разделе «Искусственные грунты» также содержит некоторые недостатки, к которым могут быть отнесены следующие.

1. По классу грунтов с жесткими структурными связями указаны только преобразованные грунты в природном залегании. В то же время существуют доменные шлаки, имеющие сходство с породами данного класса.

2. В классе грунтов без жестких структурных связей нет разделения искусственных грунтов по вещественному составу. В то же время в практике исследований грунтов выделяется группа природного происхождения; группа отложений, имеющих искусственное происхождение (отходы промышленного, энергетического и другого производства). К последней относятся отходы горно-обогатительных предприятий (естественные грунты, прошедшие производственную обработку), а также смешанные разновидности грунтов этих групп.

3. В один тип (насыпные или намывные) сведены шлаки, золы, бытовые отходы, строительные свалки и т. д. С инженерно-геологических позиций эти грунты требуют разного подхода при их исследовании в зависимости от состава, условий образования, неоднородности сложения и т. д. По-видимому, целесообразно провести более детальное разделение этих видов грунтов.

4. Вид искусственных грунтов выделяется по способу преобразования и степени уплотнения. Такое разделение неточное. Кроме того, не-

обходимо исключить из классификации термины «слежавшиеся» и «не-слежавшиеся» грунты.

5. Отсутствуют критерии выделения искусственных грунтов, слабо решены терминологические вопросы.

Таким образом, изложенное выше требует составления классификации техногенных грунтов в дополнение к ГОСТу 25100-82.

Согласно формулировке ГОСТа, к искусственным грунтам относятся грунты природного происхождения, закрепленные и уплотненные различными методами, насыпные, намывные, а также твердые отходы производственной и хозяйственной деятельности человека. Этой формулировке присущи следующие недостатки: 1) понятие «искусственный» фактически не допускает применения в данной формулировке понятия «природный» и не объясняет генезис происхождения этого типа отложений, которые образуются прежде всего за счет технической деятельности человека; 2) отсутствует упоминание о важном типе естественных грунтов, которые изменены целенаправленным техногенным воздействием, что приводит к их разуплотнению и разупрочнению; 3) должен быть сделан акцент на то, что в процессе техногенной деятельности человека происходит образование новых типов отложений, причем это образование чаще всего происходит путем планомерных и сознательных мероприятий; 4) понятия «насыпные», «намывные», «уплотненные», «закрепленные» — это таксоны классификации, которых не должно быть в общей формулировке.

С учетом сказанного авторским коллективом предложено заменить определение «искусственные грунты» на «техногенные грунты». 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. Таким образом, под техногенными грунтами следует понимать техногенно-созданные образования или измененные горные породы, сформировавшиеся в результате производственной и хозяйственной деятельности человека. Это определение включает техногенно-созданные образования и техногенно-измененные горные породы (таблица).

В техногенно созданные образования включены техногенные грунты, вещественный состав которых не имеет аналогов в природе (например, металлургические шлаки, отходы химического производства и т. д.), а также природные грунты, подвергнувшиеся различной степени техногенной переработке, в процессе которой они были перемещены с мест их природного залегания. К таким грунтам можно отнести отходы горнодобывающих и горно-обогатительных предприятий, а также насыпные и намывные природные грунты, которые при транспортировке и укладке подвергаются разрушению, фракционированию, отмыву мелких фракций и т. д. Следовательно, техногенные грунты подразделяются на техногенно-образованные, техногенно-переотложенные и техногенно-измененные разности — *классы*.

Техногенно-образованные грунты — твердые отходы производственной деятельности человека, в результате которой произошло коренное изменение вещественного состава природного минерального и органического сырья. Техногенно-переотложенные грунты — природные грунты, перемещенные с мест их естественного залегания, подвергнутые частичной производственной переработке в процессе их перемещения. Техногенно-измененные грунты — природные грунты, для которых средние значения показателей физических и химических свойств изменены не менее чем на 15%, а механических свойств — не менее чем на 30%. Понятие «техногенно-измененные грунты» распространяется не только на грунты, подвергшиеся воздействию методов технической мелиорации, но и на природные грунты, в которых под влиянием деятельности человека произошли различные изменения как состава, так и свойств. Эти

Классификация техногенных грунтов

Класс	Группа	Подгруппа	Тип	Подтип	Вид	Разновидность	
Техногенно-образованные	Техногенно-переотложенные	Насыпные	Свалки	Блочные, крупнообломочные, песчаные, пылеватые, глинистые	Рыхлые, уплотнившиеся	По показателям вещественного состава и физико-механических свойств	
			Отвалы		Твердые коммунальные и бытовые отходы Строительные отходы		Распавшиеся Нераспавшиеся
			Намывные		Шлаки металлургические Золошлаки Шламы		Химически активные Инертные
			Отвалы		Золошлаки Зола Шламы		Свежеотсыпанные Уплотнившиеся
			Насыпные		Вскрышные породы Горные выработки Горно-обогатительные предприятия Строительные		Рыхлые Средней плотности Плотные
					Планомерно-возведенные		Насыпи Плотины Территории Локальные сооружения
		Намывные	Гидроотвалы	Вскрышные породы горно-обогатительных предприятий	Уплотнившиеся Упрочнившиеся		
			Планомерно-намывные	Дамбы Плотины Территории Локальные сооружения	Упроченные		
		Измененные физическим воздействием		Уплотненные Разуплотненные Замороженные Оттаившие Обезвоженные	Разупрочненные		
		Измененные химико-физическим воздействием		Увлажненные Осушенные Химически модифицированные Химически закрепленные			

изменения могут быть разными по интенсивности и знаку. Фактически количественные критерии, приведенные в определении техногенно-измененных грунтов, позволяют установить границу влияния деятельности человека на геологическую среду. Безусловно, что эти критерии не могут быть использованы во всех случаях, так как воздействие человека на природу многообразно и неоднозначно. Поэтому вполне допустимо использование дополнительных критериев (показатели точности определений свойств, характер изменчивости свойств грунтов), если они позволят в конкретных инженерно-геологических условиях определить границу техногенных изменений грунтов более точно или надежно.

Таким образом, авторы выделяют три класса техногенных грунтов. В действующем ГОСТе выделяются два класса искусственных грунтов:

с жесткими структурными связями и без них, причем к первому классу отнесены только закрепленные грунты. Последние занимают незначительный объем в общей массе техногенных грунтов, поэтому выделение для них специального класса вряд ли целесообразно.

Три класса техногенных грунтов охватывают все многообразие деятельности человека, и отдельные виды производственной и хозяйственной деятельности человека будут служить источниками формирования грунтов разных классов. Поэтому было принято решение классы грунтов разделить на *группы* по виду деятельности (источнику формирования). Выделены четыре источника формирования: строительное, промышленное, горное производство и коммунальное хозяйство.

Под техногенными грунтами, образованными в результате строительного производства, понимаются все перемещенные грунты: подвергшиеся технической мелиорации, претерпевшие изменение под влиянием различных строительных работ и воздействий на застраиваемых территориях, а также свалки из строительных отходов.

Под техногенными грунтами, образованными в результате промышленного производства, понимаются любые техногенные грунты, полученные в результате химических и термических преобразований материалов природного происхождения. Под техногенными грунтами, образованными в результате горного производства, понимаются природные горные породы, извлеченные из горных выработок, а также переработанные в процессе их обогащения. Под техногенными грунтами, образованными в результате коммунально-хозяйственной деятельности, следует понимать твердые отходы, образующиеся в результате бытовой деятельности человека.

Кроме способа образования и источника формирования свойства техногенных грунтов определяются также и способом их формирования. Большинство техногенных грунтов формируется двумя способами: отсыпкой или намывом, в результате чего образуются *подгруппы* техногенных грунтов: насыпные ~~или~~ намывные. Насыпные грунты — техногенные грунты, перемещение и укладка которых осуществляется с использованием транспортных средств. Намывные грунты — техногенные грунты, перемещение и укладка которых осуществляется с помощью средств гидромеханизации.

В классе техногенно-измененных грунтов выделяются две подгруппы: грунты, измененные физическим воздействием, — природные грунты, в которых техногенное воздействие изменяет текстурно-структурные показатели; грунты, измененные химико-физическим воздействием, — природные грунты, в которых техногенное воздействие изменяет их вещественный состав и текстурно-структурные показатели.

Таким образом, таксоны классификации «класс», «группа», «подгруппа» характеризуют генезис техногенных грунтов. Более мелкие таксоны должны характеризовать их текстурно-структурные особенности и свойства. С этой точки зрения наиболее важным таксоном должен быть *тип*, который в классификации является связующим звеном между свойствами техногенных грунтов и их генезисом.

В классах техногенно-образованных и техногенно-переотложенных грунтов, в которых грунты формируются способами отсыпки и намыва, было принято решение выделить типы по условиям залегания грунтов: свалки, отвалы и планомерно-образованные. Такое разделение в первом приближении характеризует текстурные признаки техногенных грунтов вне зависимости от их состава. Свалки — это наиболее неупорядоченные отложения. Планомерно-образованные грунты характеризуются определенными заранее заданными свойствами, достижение которых обеспечивается комплексом организационных и технологических мероприятий. Отвалы занимают промежуточное положение между свалками и планомерно-образованными сооружениями из грунтовых материалов.

В классе техногенно-образованных грунтов выделяются свалки коммунальных и строительных отходов, а также отвалы шлаков, зол, золошлаков и шламов. Под последними понимаются тонкодисперсные материалы, образующиеся в различных отраслях хозяйства. Отдельно выделены металлургические шлаки, которые характеризуются рядом специфических свойств.

В классе техногенно-переотложенных грунтов выделяются отвалы вскрышных пород, горных выработок и горно-обогатительных предприятий. Выделение конкретных грунтов в силу их большого разнообразия нецелесообразно. Планомерно-образованные грунты характеризуются типом сооружений, который достаточно четко отражает текстуру грунтов. Насыпи и плотины — это линейные сооружения, которые требуют хорошего уплотнения грунтов. Территории — это площадные образования с более широким диапазоном плотностных характеристик грунтов. Локальные сооружения — обратные засыпки, планировка территорий — характеризуются сравнительно невысокими показателями плотности.

В классе техногенно-измененных грунтов подгруппа «измененные физическим воздействием» разделена на типы по видам воздействия: гравитационному — грунты уплотненные, разуплотненные; температурному — грунты замороженные, оттаявшие и обожженные.

*Подгруппа* «измененные химико-физическим» воздействием разделена на два вида воздействия: физико-химическое и химическое. Физико-химическое воздействие предполагает введение добавок различных компонентов (в том числе и воды), которые не приводят к существенному изменению вещественного состава грунтов. В этом случае изменение свойств грунтов происходит за счет развития в них физико-химических процессов. Химическое воздействие приводит к изменению вещественного состава грунтов. Если состав изменяется существенно, то образуется тип «химически закрепленного грунта». В случае, когда химическое воздействие не приводит к существенному изменению состава, возникает тип «химически модифицированного грунта».

Структурные особенности техногенных грунтов определяются их дисперсностью. По размеру частиц грунтов выделяются *подтипы* техногенных грунтов: блочные, крупнообломочные, песчаные, пылеватые, глинистые. Под блочными грунтами в данном случае понимаются химически закрепленные грунты и некоторые виды металлургических шлаков. Как правило, эти грунты представлены отдельными блоками и глыбами различного размера, причем блоки и глыбы часто трещиноваты. Нижней границей выделения этого подтипа можно принять размер 100 см при условии, что блоков и глыб  $\geq 100$  см в общей массе грунта более 50%. Если глыб и блоков менее 50%, то грунт считается крупнообломочным. Все остальные границы разделения подтипов устанавливаются согласно ГОСТу 25100-82 [2].

*Вид* техногенных грунтов определяется наиболее общими и важными свойствами, присущими в той или иной мере всем типам грунтов. В основу разделения видов положены прочность и плотность грунтов, изменяющиеся в процессе техногенного литогенеза.

*Разновидности* грунтов характеризуются показателями вещественного состава и физико-механических свойств.

Таким образом, классификация техногенных грунтов включает семь таксономических единиц, выделяемых по группам признаков: класс — по происхождению (генетическое подразделение первого порядка); группа — по виду деятельности — источнику формирования (генетическое подразделение второго порядка); подгруппа — по способу образования (генетическое подразделение третьего порядка); тип — по петрографическому составу и структурно-текстурным признакам; подтип — по дисперсности; вид — по степени самоуплотнения, уплотнения и упрочне-

ния, характеру техногенного литогенеза; разновидность — по показателям вещественного состава и физико-механических свойств. Помимо инженерно-геологических показателей все виды техногенных грунтов должны быть охарактеризованы с точки зрения экологической чистоты.

Сопоставление предлагаемой классификации техногенных грунтов с действующим ГОСТом 25100-82 показывает, что эти две классификации существенно отличаются друг от друга как по количеству таксонов, так и по сути самих таксонов.

При необходимости классификацию техногенных грунтов можно рекомендовать как дополнение к ГОСТу, изменив при этом количество таксонов. Для этого в предлагаемой классификации классы и группы необходимо объединить. Этот объединенный таксон будет соответствовать группе ГОСТа 25100-82. Все техногенные грунты будут размещены в классе грунтов без жестких связей. Подгруппы и типы техногенных грунтов можно объединить в один таксон, что будет соответствовать номенклатуре «тип» ГОСТа, а объединение подтипа и вида предлагаемой классификации будет соответствовать «виду» ГОСТа. Таким образом, классификация техногенных грунтов может быть включена в действующий ГОСТ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абелев Ю. М., Крутов В. И.* Возведение зданий и сооружений на насыпных грунтах. М.: Госстройиздат, 1962. 147 с.
2. ГОСТ 25100-82. Грунты. Классификация. М.: Изд-во стандартов, 1982. 9 с.
3. *Котлов Ф. В.* Инженерная деятельность человека и геологическая среда//Матер. Всесоюз. Межвед. конф. «Климат — город — человек». Сб. 1. М.: Наука, 1976. С. 3—14.
4. *Лычко Ю. М.* Использование промышленных отходов для устройства оснований зданий и сооружений//Сер. 8. Строительные конструкции. Вып. 5. М.: ВНИИИ Госстроя СССР, 1982. 66 с.
5. *Сергеев Е. М., Голодковская Г. А., Зиангиров Р. С.* Грунтоведение. М.: Изд-во МГУ, 1983. 389 с.
6. *Хазанов М. И.* Искусственные грунты, их образование и свойства. М.: Наука, 1975. С. 72—89.
7. *Худайбергенов А. М.* Инженерная геология правобережья р. Чирчика. Ташкент: ФАН, 1980. 192 с.

ПНИИИС  
МИСИ  
ВНИИОСП  
МГУ  
ВСЕГИНГЕО

Поступила в редакцию  
23.1.1989