

# Технологические аспекты обращения с отходами горнодобывающей промышленности



**Отходы горного производства** – твердые, жидкие и пылегазовые продукты, образующиеся в процессах добычи, обогащения и переработки сырья.

## Формирование техно-генных массивов при производстве горных работ



# Классификация отходов горного производства

## *1. По отраслям горного производства -*

- отходы угольной отрасли,
- отходы черной металлургии,
- отходы цветной металлургии,
- отходы производства строительных материалов,
- отходы горнохимического производства.

# *По причине возникновения*

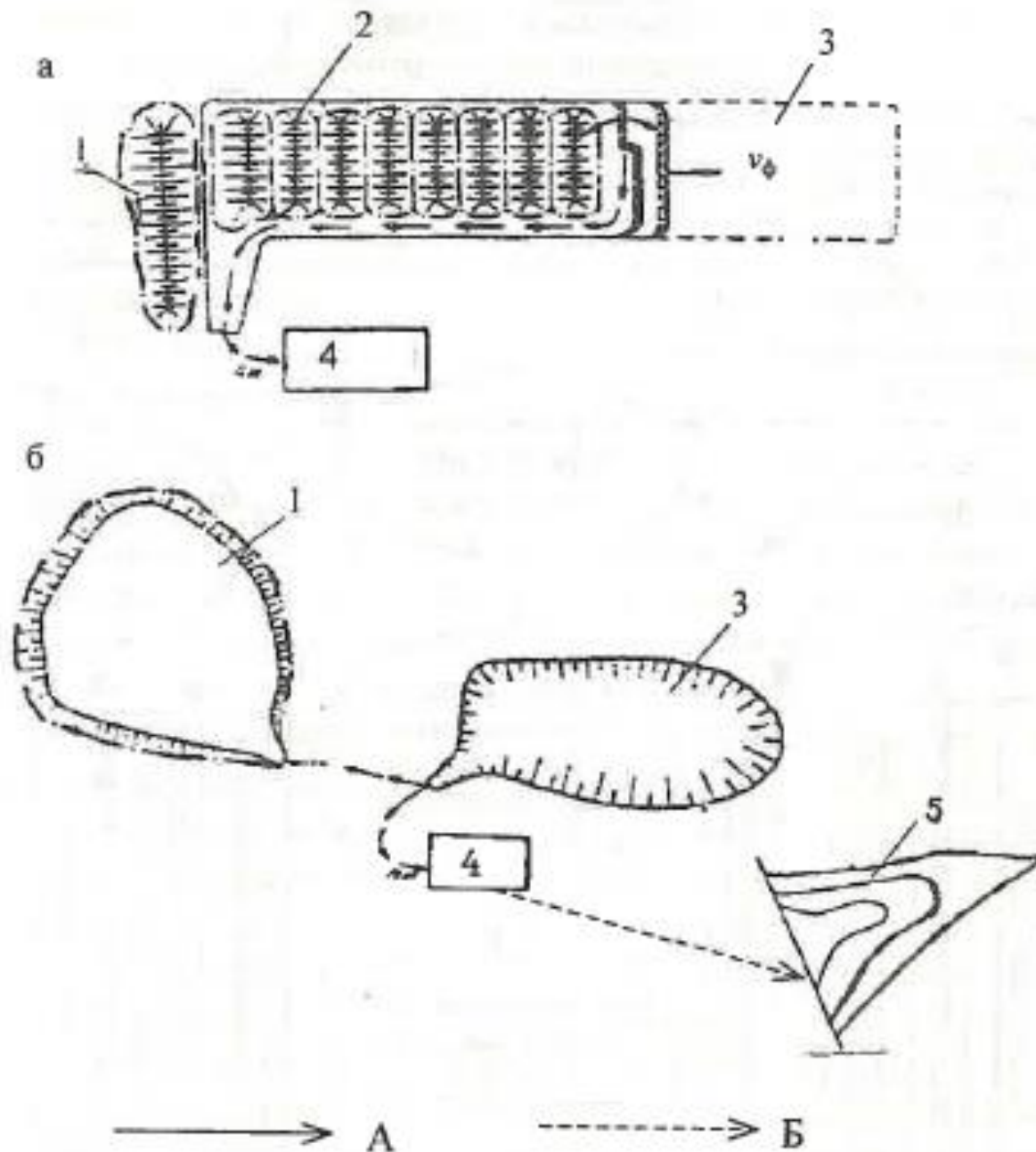
- Отходы **добычи** - отвалы вскрышных и вмещающих пород, терриконы угольных шахт, отвалы и склады забалансовых полезных ископаемых, шахтные пустые породы, некондиционные руды.
- Отходы **обогащения** – отходы флотации, гравитации, мокрой и сухой магнитной сепарации (хвосты обогащения)
- Отходы **переработки** – шлаки угольный, металлургические (доменный, сталеплавильный, ферросплавный, шлаки цветной металлургии (медные, свинцово-цинковые, никель-кобальтовые, бокситовые, гипсосодержащие отходы, пиритные концентраты

- На долю горных отраслей промышленности приходится 70-80% объема всех отходов. Из добываемого минерального сырья 90-95% практически безвозвратно теряется в виде твердых, жидких и газообразных отходов.
- Результатом такого воздействия является образование **техногенных массивов – геологических тел техногенного происхождения, представленных горными породами, отходами обогащения, золами, шлаками, шламами.**
- Наиболее интенсивное образование техногенных массивов связано, в первую очередь, с разработкой извлекаемого минерального сырья.



- Регионы складирования (заштрихованы) токсичных отходов (а), экстремального загрязнения поверхностных вод (б), экстремального загрязнения подземных вод (в)

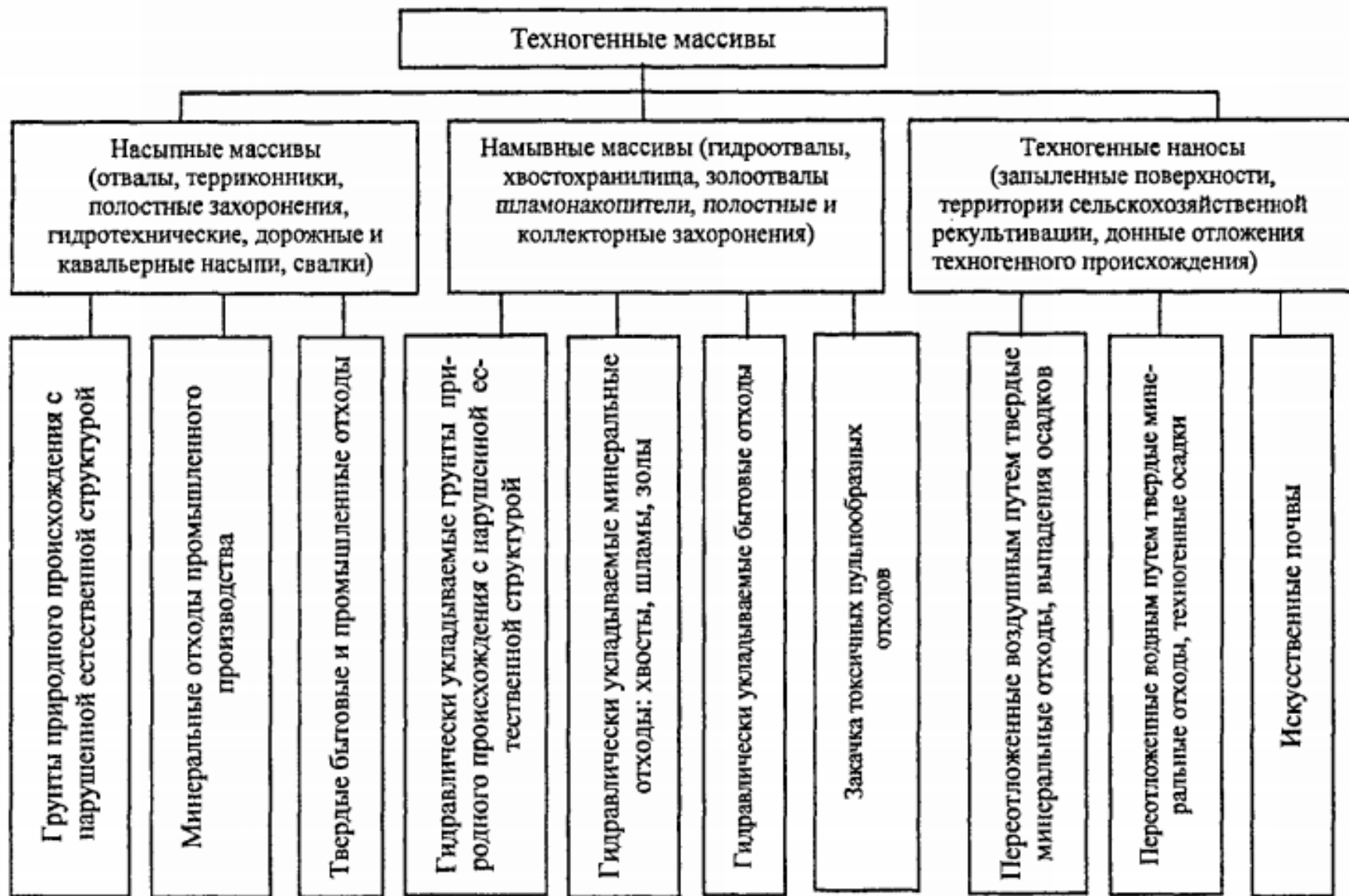




**Формирование техногенных массивов при разработке месторождений:**  
**а** – горизонтального;  
**б** – наклонного и крутопадающего  
**1** и **2** – внешние и внутренние отвалы соответственно;  
**3** – контур карьерного поля; **4** – объекты промплощадки;  
**5** – шламохранилище;  
**А** – направление подвигания фронта работ; **Б** – поток полезного ископаемого

- **Техногенный массив** – геологическая структура, сложенная породой (породами) или наносом (наносами) антропогенного генезиса, отличающаяся по своему составу (химическому, гранулометрическому, бактериологическому) и свойствам (физико-механическим, фильтрационным и пр.) от фоновых пород, их вмещающих, форма и размеры которой определяются преимущественно технологическими процессами.
- По составу и свойствам можно подразделить на однородные и неоднородные. Однородность определяется единым генезисом отходов.  
*(Свалки бытового мусора - неоднородны)*





Пашкевич М.А., 2001

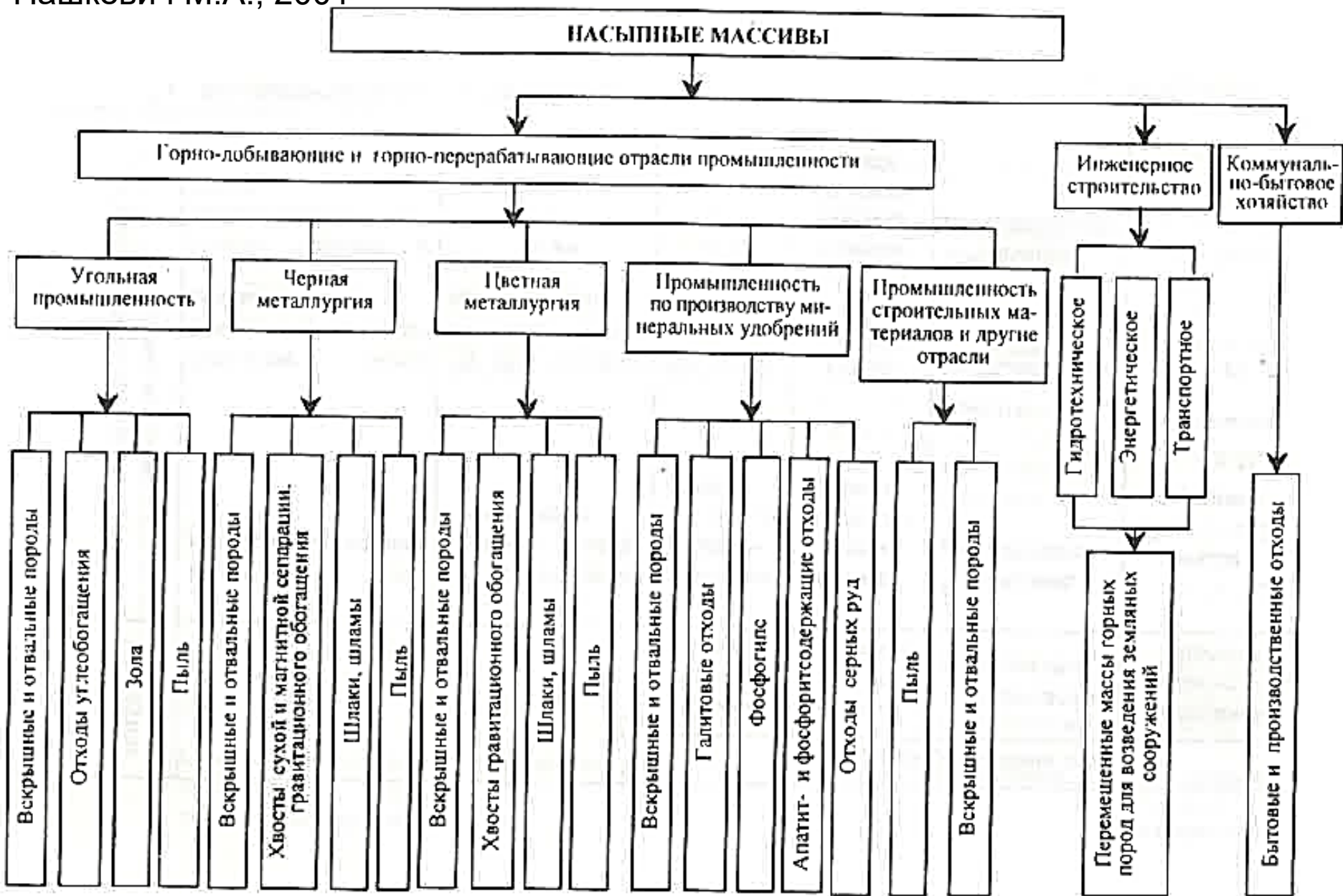
Рис.1. Классификация техногенных массивов

# Классификация техногенных массивов

- **Насыпные техногенные массивы** – хранилища перемещенной горной массы (отвалы, насыпи, дамбы), а также свалки ТБО, имеющие свои характерные особенности, касающиеся состава и свойств размещенных пород. Формируются из насыпных грунтов. (ГОСТ 25100-82 «Грунты. классификация»)
- **Намывные массивы** – хранилища гидравлически укладываемых грунтов природного происхождения, минеральных и бытовых отходов. Основу составляют намывные грунты.
- **Техногенные наносы** – маломощные техногенные массивы, имеющие большую протяженность (донные отложения временных и постоянных водотоков) или площадь (наносы, пыли, искусственные почвы, донные отложения озер и морей)

# Классификация насыпных массивов

Пашкевич М.А., 2001

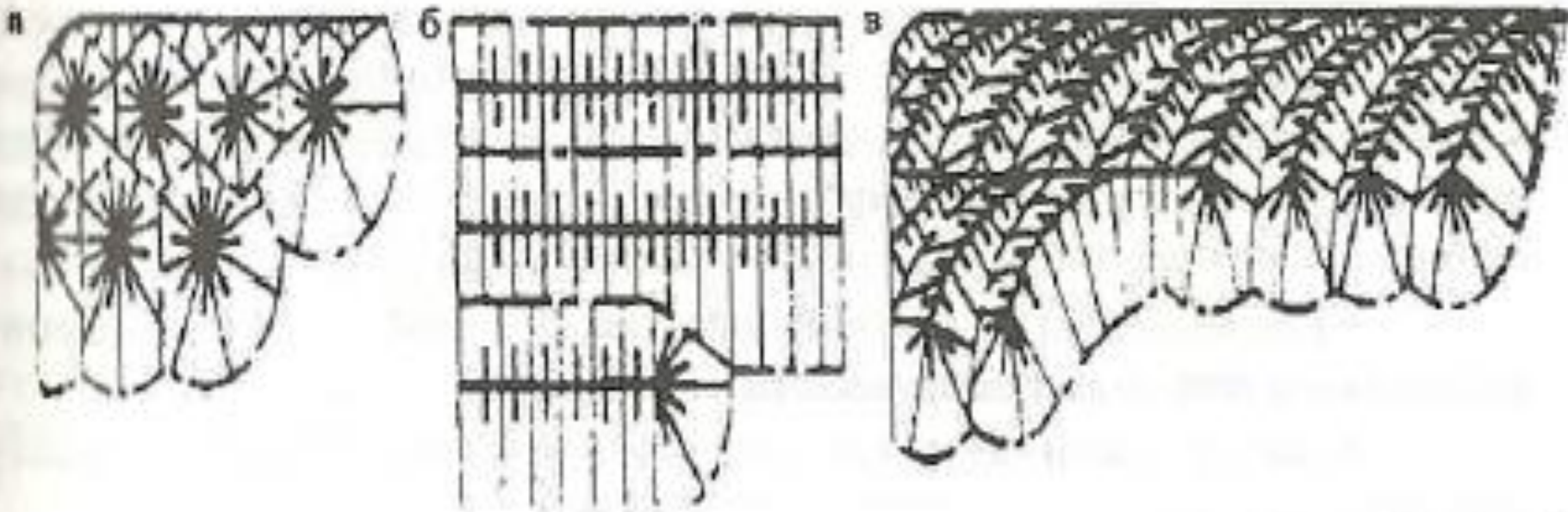


Одним из технологических процессов на горно-добывающих, обогатительных и теплоэнергетических предприятиях является отвалообразование, предусматривающее транспортировку и укладку на части земельного отвода попутно добываемой горной породы, некондиционных полезных ископаемых, шлака, золы. Создаваемые при этом массивы – отвалы в комплексе с техническими устройствами составляют ***отвальное хозяйство предприятия.***





- Схемы отсыпки predeterminedляют характер процессов уплотнения породных масс отвалов и их оснований, которые могут стать причиной **нарушения устойчивости отвальных откосов – оползней.**



- Виды поверхностей отвалов: конусообразные (а), параллельные (б) и серповидные (в) гребни

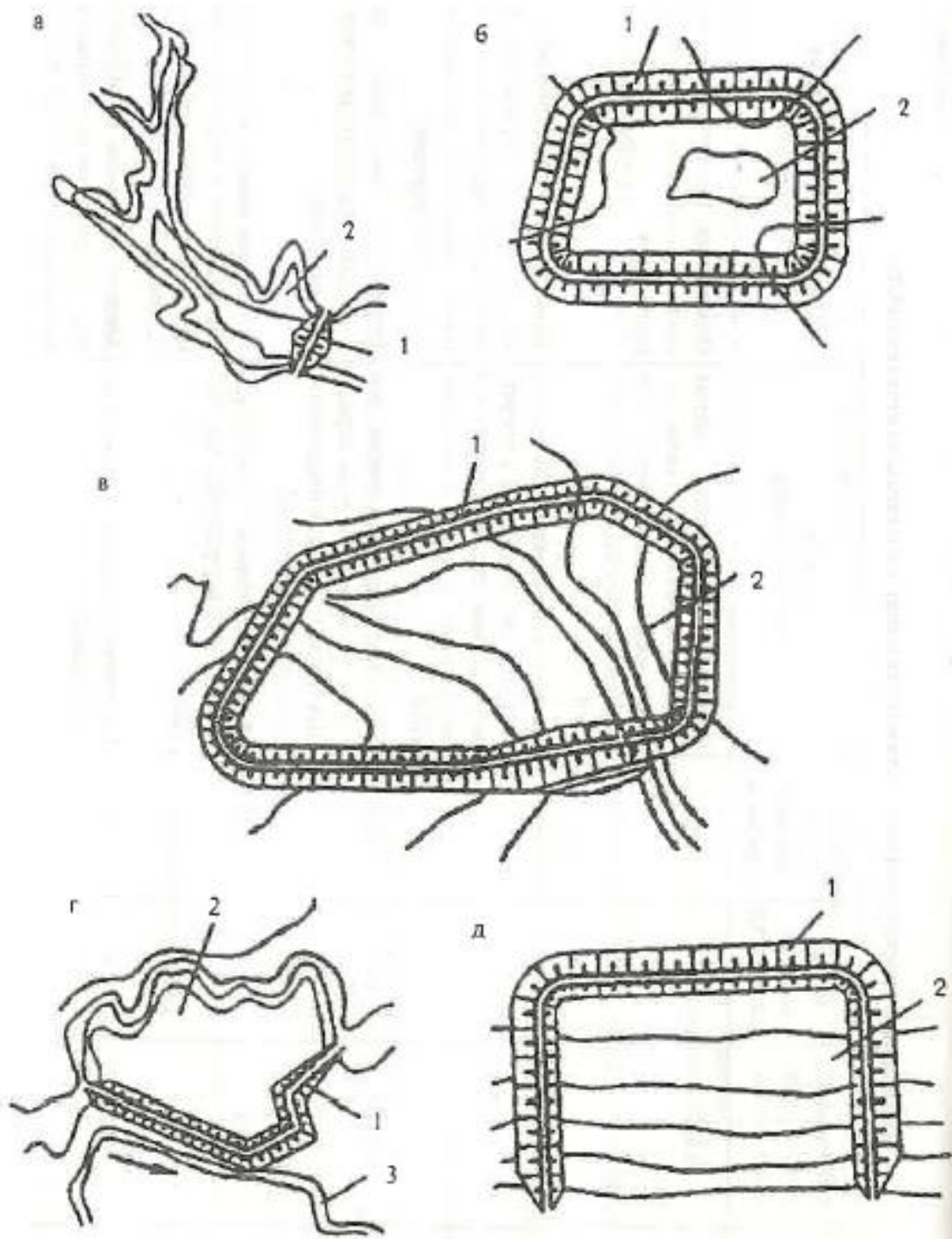
**Намывные грунты** – образования, возникающие в ходе инженерной деятельности, при складировании отходов в специальные инженерные сооружения гидравлическим способом (гидроотвалы, хвостохранилища, золоотвалы, шламонакопители).

### Классификация намывных массивов

Пашкевич М.А., 2001





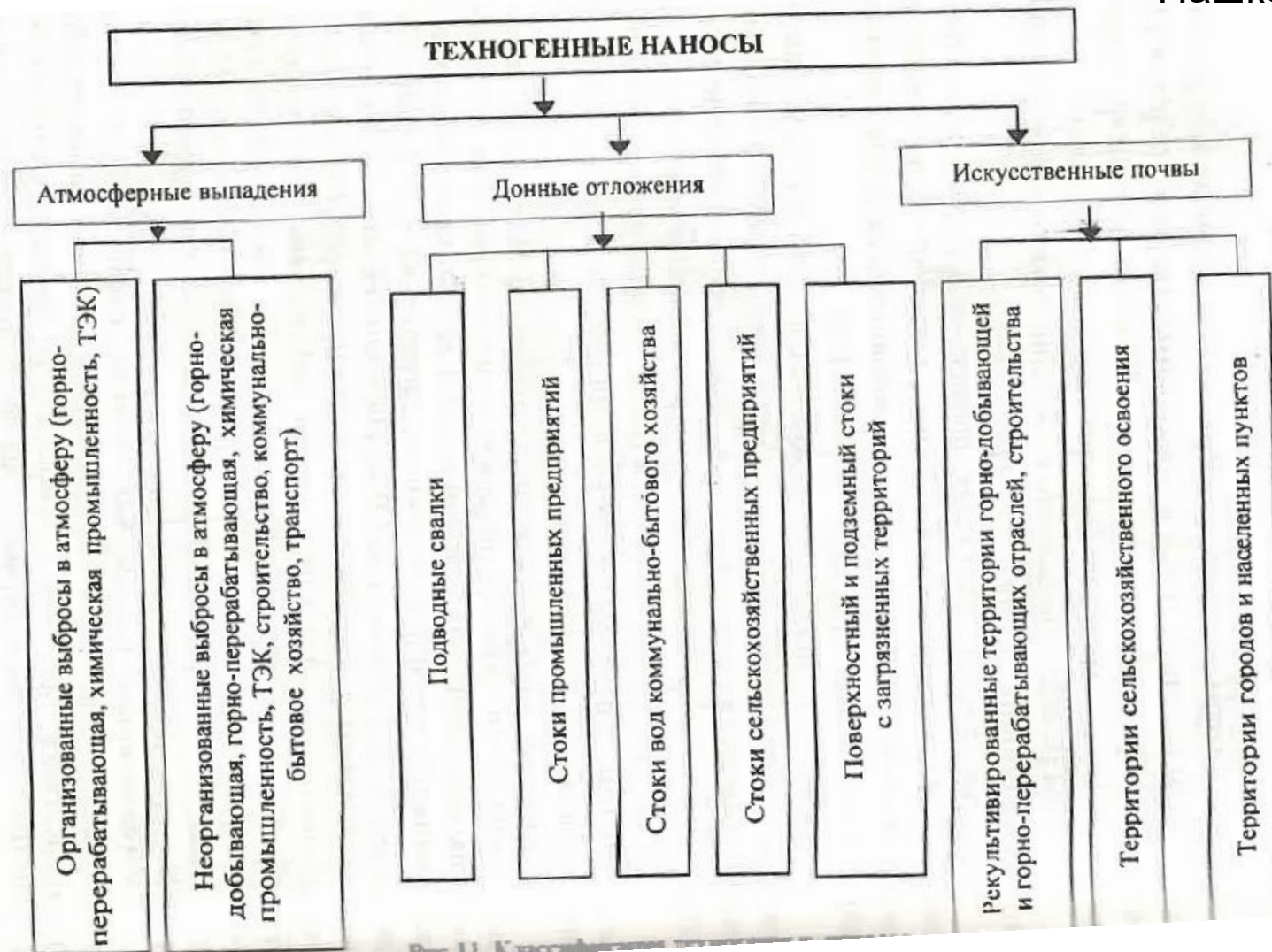


**Типы хвостохранилищ  
и гидроотвалов:**  
**а - овражный,**  
**б – равнинный,**  
**в – овражно-**  
**равнинный,**  
**г – пойменный,**  
**д – косогорный**  
**1 – дамба, 2 – ложе**  
**хвостохранилищ,**  
**3 - река**

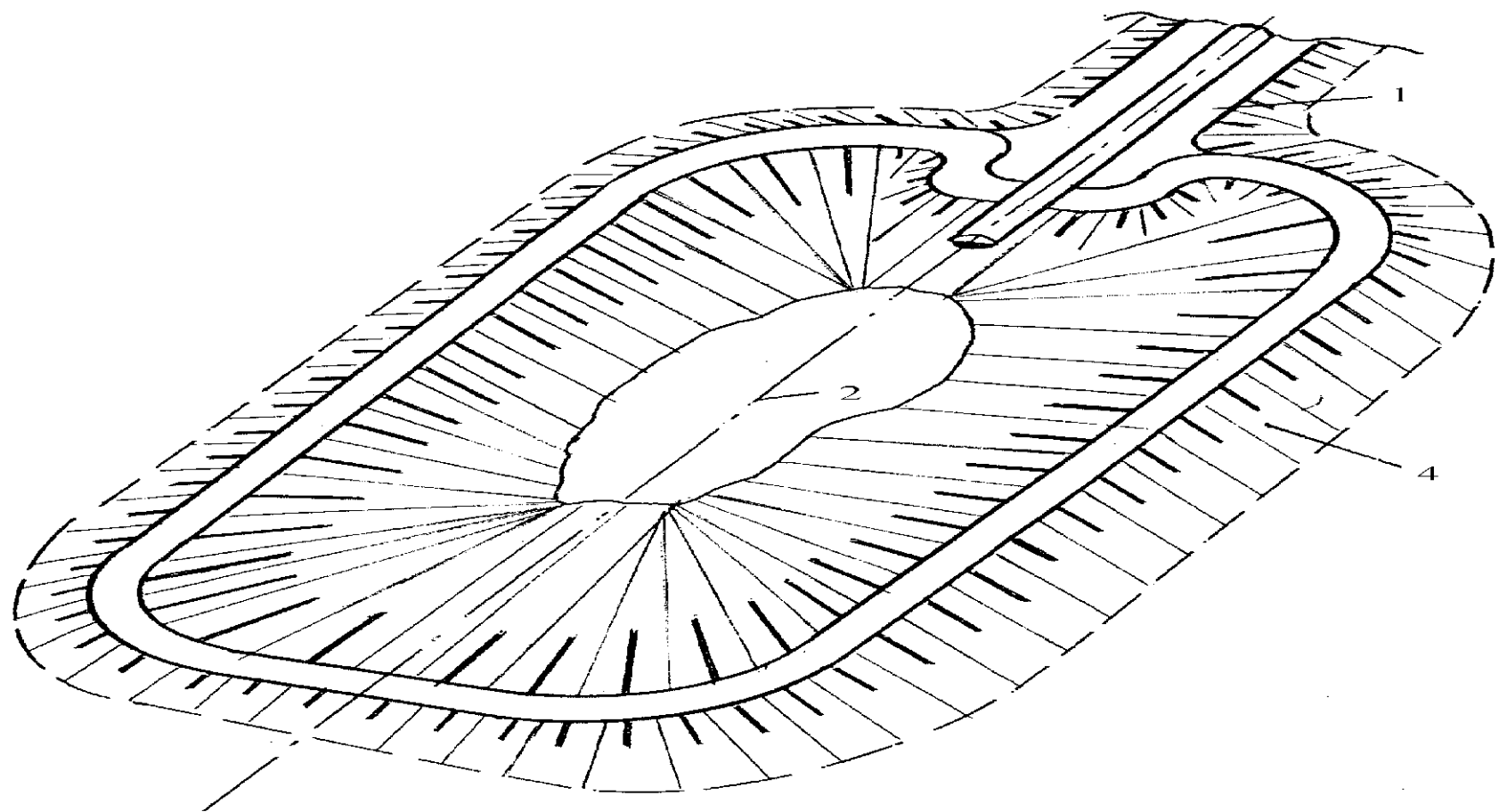
# Техногенные наносы - маломощные техногенные массивы, имеющие большую протяженность

## Классификация техногенных наносов

Пашкевич М.А., 2001



# ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ



Фиг. 1





**Хвостохранилище** — комплекс специальных сооружений и оборудования, предназначенный для хранения или захоронения радиоактивных, токсичных и других отвальных отходов обогащения полезных ископаемых, именуемых *хвостами*. На горнообогатительных комбинатах (ГОК) из поступающей добытой руды получают концентрат, а отходы переработки перемещают в хвостохранилище.



- Обычно хвостохранилища сооружают в нескольких километрах от горнообогатительной фабрики, в понижениях рельефа: котловинах, ущельях, распадках.
- Из хвостов намывается дамба, которой огораживается хвостохранилище. При отстаивании идёт разделение на осадочную твёрдую фазу хвостов и воду. Вода вторично используется горнообогатительной фабрикой или очищается и сбрасывается в стоки. Для улучшения процесса разделения фаз могут применяться реагенты — коагулянты и флокулянты.
- По рельефу местности различают равнинный, овражный, пойменный, карьерный, шахтный и косогорный типы хвостохранилищ



ПИРИТСОДЕРЖАЩИЕ  
ХВОСТОХРАНИЛИЩА



# Хвостохранилища как

## источник вторичных ресурсов

Накопленные технологические отходы являются потенциальным крупнотоннажным сырьём. С течением времени появляются технологии, позволяющие лучше разделять компоненты отходов. Промышленность выставляет новые требования к сырью, известные источники минералов обедняются и истощаются. Это ведёт к разработке «вторичных месторождений» с целью получения редких элементов, другого ценного сырья.



- **Отвал** Искусственная насыпь из отвальных грунтов или некондиционных полезных ископаемых, промышленных, коммунально-бытовых отходов
- **Внешний отвал** Отвал, образуемый в результате размещения разрыхленных горных пород вне контура карьера
- **Внутренний отвал** Отвал, образуемый в результате размещения разрыхленных горных пород в выработанном пространстве карьера.

**Отвальный грунт** - горные породы, составляющие отвал, разрыхленные и более или менее перемешанные в процессе их выемки, транспортирования и отвапообразования



В соответствии с правилами горной промышленности отвалы должны быть расположены рядами уступов с тем, чтобы уменьшить расстояние для откачки и угол уклона. Точнее, при отвале на большую высоту горная порода сваливается по склону ярусами



Яруса расположены, таким образом, так чтобы уменьшить район уступа, а высота горного отвала должна составлять 400 м.

Рис.1 иллюстрирует типичный отвал горной породы в районе Кимберли, запад Австралии. Высокие уступы и террасированные зоны низкого подъема видны на рисунке.

зоны низкого подъема видны на рисунке.





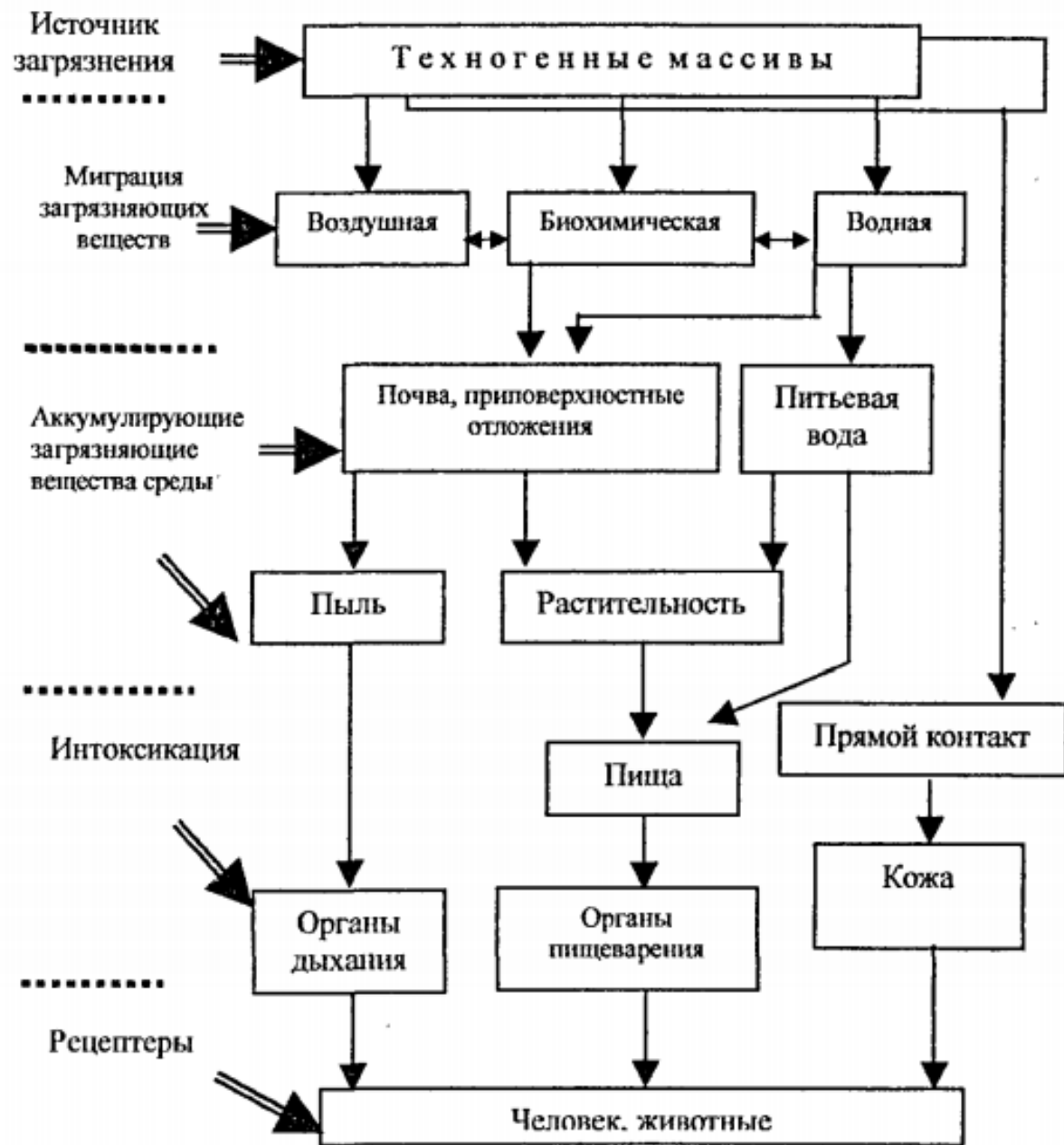


Рис.2.Схема воздействия техногенных массивов на природную среду



## Механизм возникновения экологической опасности в районе воздействия техногенных массивов



Таблица 2

Факторы негативного воздействия техногенных массивов  
на компоненты природной среды

Группа, подгруппа	Фактор
1. Общее количество заскладированных вредных веществ, их физическое состояние и свойства.	
1.1. Физическое состояние загрязнителей.	Твердое, жидкое или газообразное. В виде суспензий или эмульсий.
1.2. Реактивность загрязнителей. Загрязняющие вещества.	Инертные. Стойкие. Полностью разложившиеся. Не полностью разложившиеся: - с образованием токсических продуктов, - без образования токсических продуктов
1.3. Токсичность загрязнителей	Высокая (I класс опасности) Средняя (II класс опасности) Низкая
1.4. Самоочищение от загрязнителей	Выпадение в осадок Сорбция (ад-, аб-) Ионный обмен Разбавление Биохимические процессы (сульфатредукция, денитрификация, биоаккумуляция), газовыделение Распад (аэробный, анаэробный, фотохимический)
2. Мобильность загрязняющих веществ.	
2.1. Строение и состав зоны аэрации.	Минеральный и гранулометрический состав пород Расположение, мощность, фильтрационные параметры различных слоев, подстилающих техногенные массивы
2.2. Расположение техногенного массива относительно уровня грунтовых вод	Ниже уровня грунтовых вод Выше максимального уровня грунтовых вод.
2.3. Характеристика водоносных горизонтов, подстилающих техногенные массивы	Мощность Скорость движения подземных вод Напорность Глубина залегания грунтовых вод Режим водоносного горизонта, его взаимосвязь с поверхностными водами Физические и химические свойства подземных вод
2.4. Механизм переноса загрязнителя в подземных во-	Конвективный Диффузный

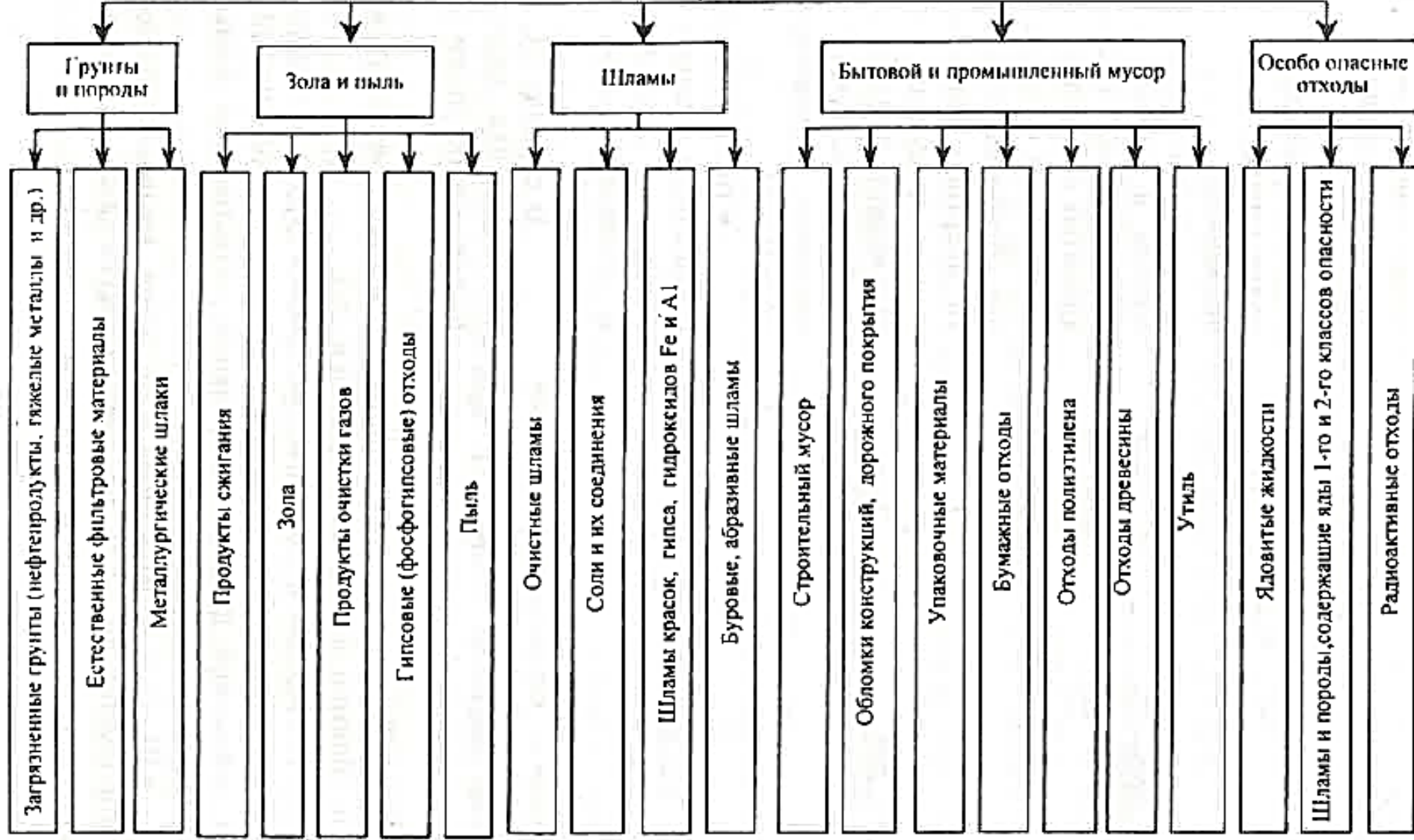
Группа, подгруппа	Фактор
дах	Дисперсионный Оседание или взвешивание вредных веществ в инфильтрате и подземных водах вследствие их различной плотности и вязкости Влияние физико-химических процессов на миграцию загрязнителей (сорбция, ионный обмен, биохимические процессы и др.)
2.5. Образование новых техногенных водоносных горизонтов в теле техногенных массивов и подстилающих их породах	Объем инфильтрующихся сточных вод и атмосферных осадков Испарение Литологическая характеристика пород, слагающих техногенные массивы и их подстилающих. Физические и химические свойства инфильтрующихся вод
2.6. Интенсивность воздушной миграции загрязнителей	Интенсивность газовыделения с территории техногенных массивов Интенсивность пылесудвания с поверхности техногенного массива Гранулометрический состав и физическое состояние отходов Метеорологические характеристики района расположения техногенных массивов (роза ветров, интенсивность атмосферных осадков).
2.7. Конструкция защитных сооружений	Изоляция дна и стенок техногенного массива Система коллекта дренажных вод Пылеподавление с поверхности техногенных массивов

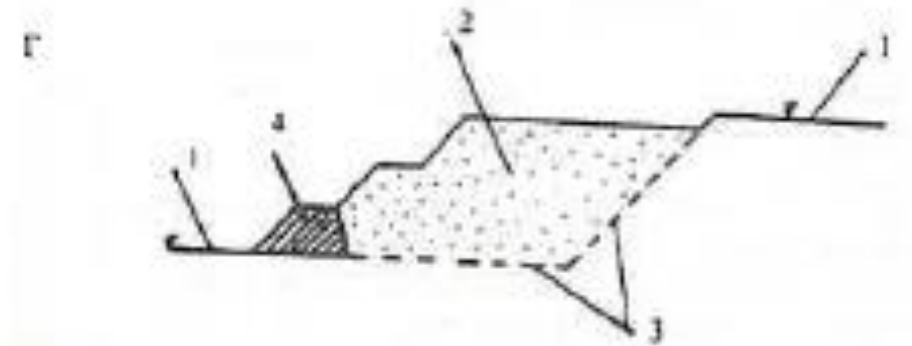
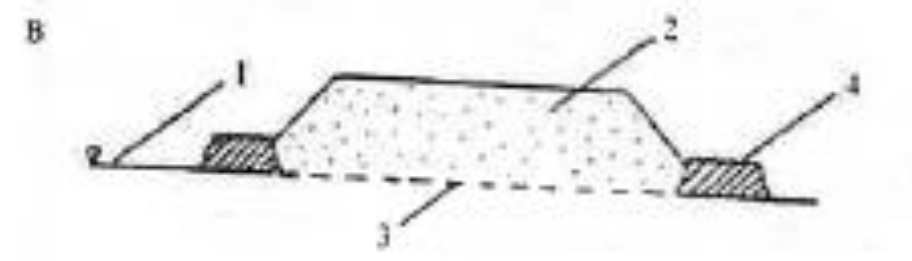
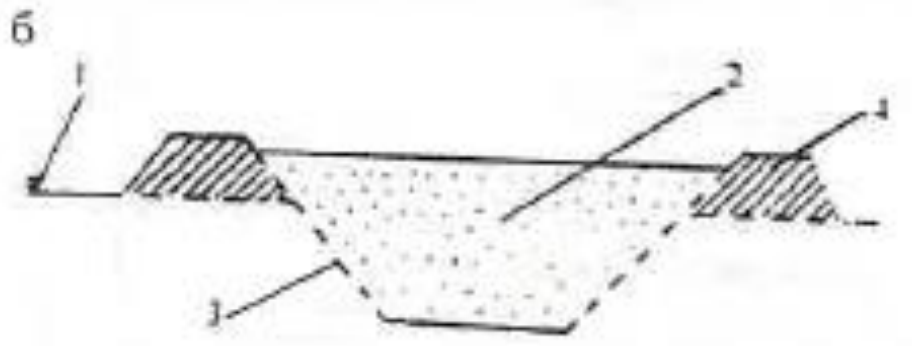
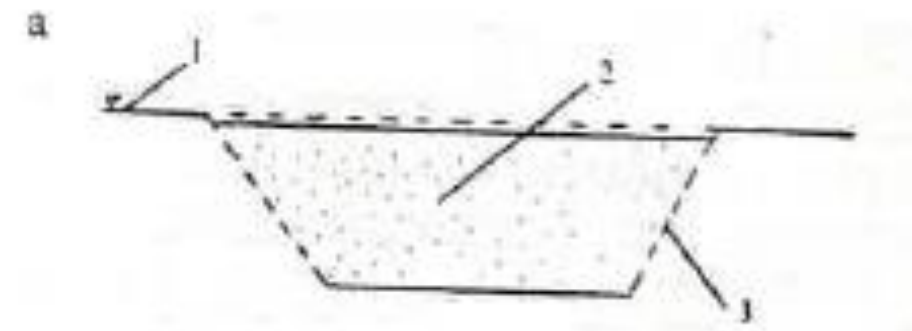
## Мероприятия по снижению экологического риска техногенных массивов

Вид мероприятия	Место проведения	Мероприятия	Последующее обеспечение
Обеспечение безопасности посредством ликвидации путей загрязнения	«в массиве»	Пассивные гидравлические и пневматические методы (понижение уровня подземных вод путем водоотвода, газоулавливание)	Контроль. Ремонтные работы в случае необходимости. Возобновление работ
	«в массиве» «вне массива»	Изоляция Иммобилизация	
Ликвидация загрязнений	«в массиве» и «вне массива»	Активные гидравлические и пневматические методы (водоотбор, каптаж грунтового газа)	Уборка отходов при потребности: контроль, возобновление мероприятий
	«в массиве» и «вне массива»	Химико-физическое воздействие (экстракция, сжатие, адсорбция, окисление, восстановление, осаждение)	
Перемещение	«вне массива» и «в массиве» «вне массива»	Биологические методы  Выемка и переукладка отходов на свалку Утилизация отходов	Контроль свалки

- **Свалки бытового и промышленного мусора** – это образования, представленные насыпными и намывными массивами, возникающие в результате деятельности отраслей коммунально-бытового хозяйства, промышленности, сельского хозяйства.
- *Для свалок характерен низкий технический и технологический уровень складирования отходов.*

# СВАЛКИ

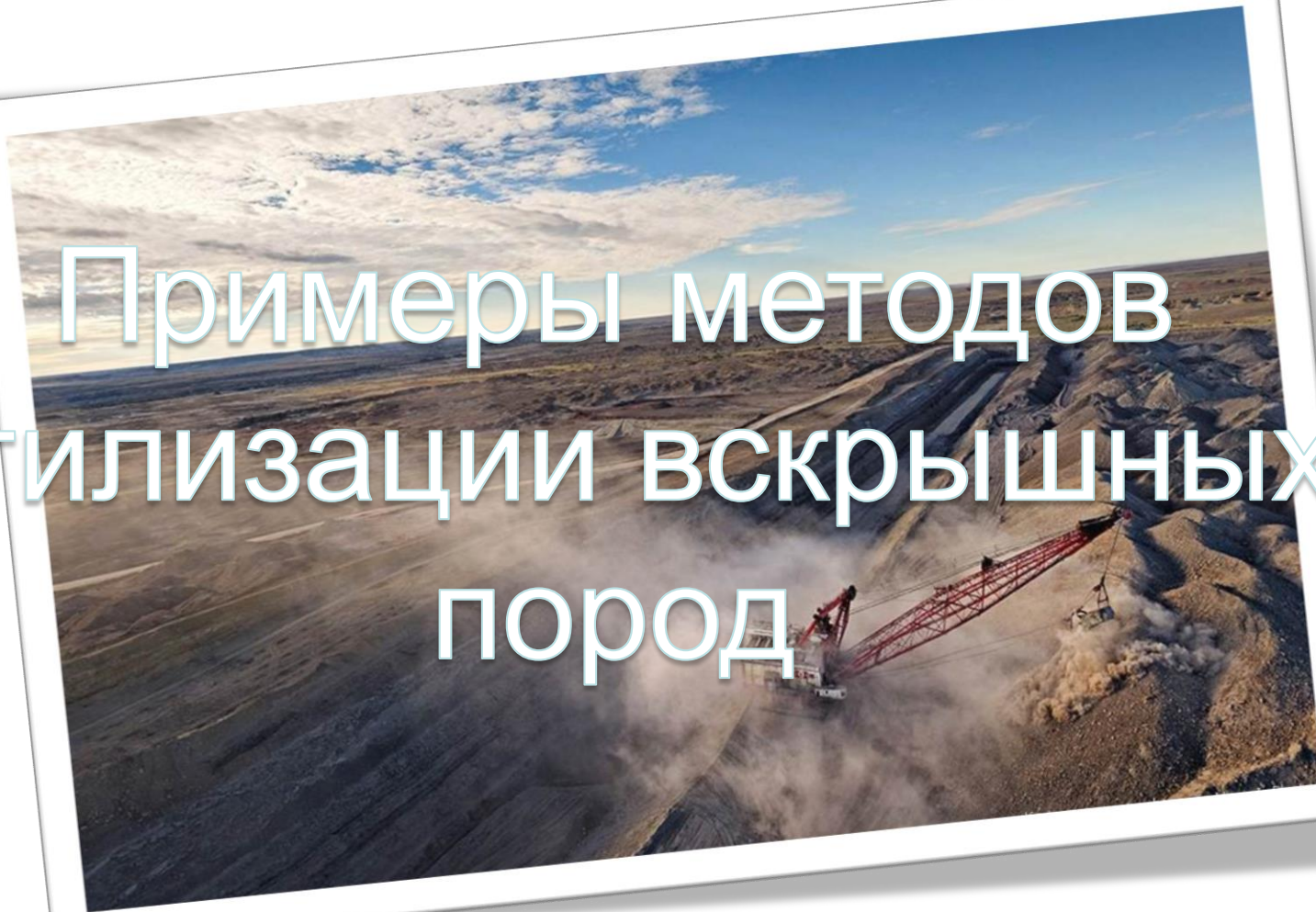




Типы свалок по геоморфологическим признакам:  
 а -котлованный,  
 б – овражный, в – равнинный (отвальный); г – косогорный;  
 1 – земная поверхность, 2 – отходы, 3 – экранирование ложа; 4 – ограждающая дамба



Примеры методов  
утилизации вскрышных  
пород



# Песок



- Пески в составе вскрышных пород в большей части подходят для приготовления строительных растворов и бетонов, закладки горных выработок, получения силикатного кирпича.



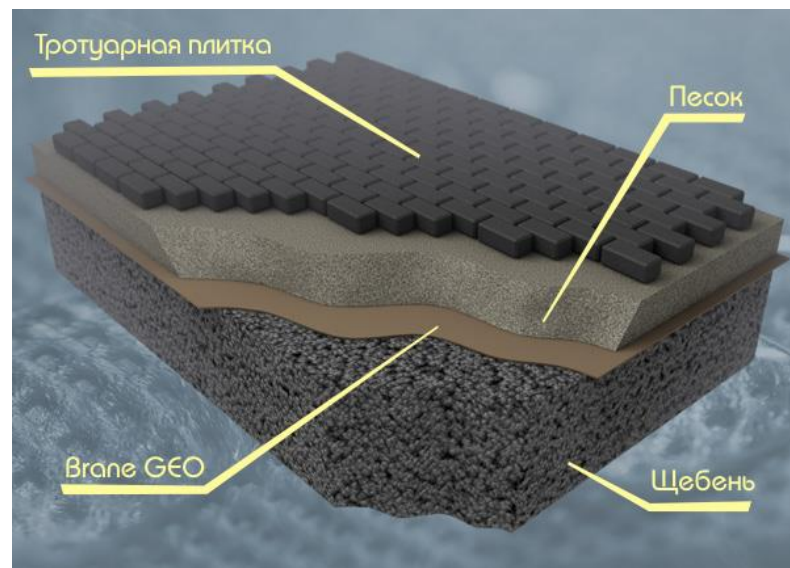


# Щебень



- Классифицированы по крупности отходы обогащения железосодержащих руд (щебень и пески) используют в основном в строительстве.

- Щебень применяют для производства тяжелых бетонов, при строительстве автомобильных дорог, устройстве балластного слоя внутризаводских железнодорожных путей, создании искусственных оснований под фундаменты зданий, при обратных засыпках, производстве холодного асфальта.





# Известняк

- Выветренный известняк вскрыши используется в сельском хозяйстве для раскисления почв. Отходы известняка применяются при изготовлении различных строительных материалов.





# Магний

- Магнезит - кристаллическая горная порода на основе углекислого магния. При его обогащении образуются доломитсодержащие отходы с примесью карбонатных и глинистых компонентов, кварцитов и т. п. Большая их часть используется при изготовлении огнеупорных и строительных материалов, получении хлоридов магния.



# Доломит

- Доломит - осадочная горная порода, представленная одноименным минералом и 5-10 % примесей. При обогащении доломита основную массу хвостов составляет силикат: диоксид Как и отходы обогащения магнезита, они применяются при изготовлении огнеупорных и строительных изделий, получении хлоридов кальция и магния, а также как известняковый компонент при производстве портландцемента.



**Примеры УТИЛИЗАЦИИ  
ОТХОДОВ  
УГЛЕБОГАЩЕНИЯ**

# ПРИМЕРЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ



## Отходы углеобогащения

образуются при обогащении угля для коксования, энергетических и других целей и представляют собой смесь осадочных пород, частиц угля и угольно-минеральных сростков.

# Отходы углеобогащения используют как:

- Энергетическое сырье
  - Получают серу и ее соединения
  - Строительные материалы
  - Сырье для цветной и черной металлургии
  - Используют в с/х
  - В производстве ферросплавов
  - При рекультивации земель
- и др.



# Утилизация шламов углеобогащения

- ПАССИВНЫЕ



*хвостохранилища*



*шламонакопители*

- АКТИВНЫЕ: газификация, сжигание, пиролиз, термолиз и др.



К сожалению, активные способы утилизации отходов углеобогащения не находят широко применения в Российской Федерации, в связи с нестабильностью физико-механических, химических и теплофизических свойств отходов, что в свою очередь не позволяет эффективно применять типовое оборудование других производств для переработки рассматриваемого вида отходов.

# Методы утилизации отходов черной металлургии

В настоящее время комплексное использование техногенных отходов металлургических комплексов приобретает особое значение в связи с ростом экологических проблем и снижением уровня содержания целевых компонентов в исходном сырье .



## Современные подходы к увеличению доли железосодержащих отходов в балансе сырья

- В черной металлургии ежегодно образуются миллионы железосодержащих отходов в виде окалины, шлаков, пыли.
- В металлургическом производстве образование железосодержащих отходов происходит на всех стадиях технологического процесса, начиная от подготовки железорудного сырья и заканчивая производством готового проката



- Металлопроизводители стали более активно заниматься проблемами использования металлосодержащих отходов. Наиболее активно эта работа проводится на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».



## **Использование железосодержащих отходов**

- Отходы, которые образуются на металлургических предприятиях, из-за высокого содержания железа в шлаках и шламах, являются ценными и могут быть возвращены в производство.



- Для полной утилизации отходов из техногенных месторождений металлургического производства необходимо проводить исследования комплексного извлечения различных металлов из этих отходов.
- В мировой практике можно выделить три основных подхода к решению вопроса извлечения металлов из минерального и техногенного сырья:
  - – механический;
  - – пирометаллургический;
  - – гидрометаллургический.





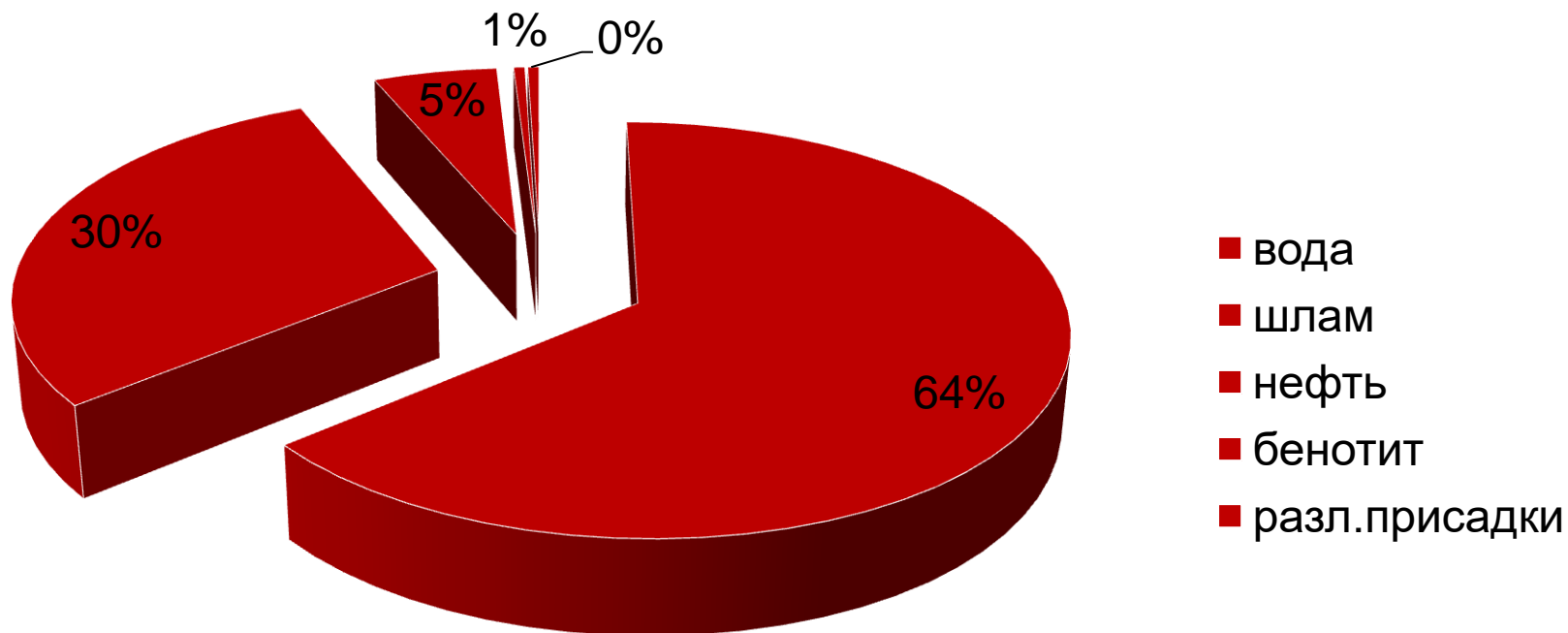
# Отходы нефтедобычи

буровые и тампонажные растворы, буровые сточные воды и шлам, пластовые воды, продукты испытания скважин, материалы для приготовления и химической обработки буровых и тампонажных растворов, ГСМ, хозяйственно-бытовые сточные воды и твердые бытовые отходы, ливневые сточные воды



**Шламовые амбары на кустовых площадках**

# Примерное содержание (%) компонентов ША





# Методы переработки нефтешламов

- Термические (сжигание)
- Физические (захоронение)
- Химические (экстрагирование с помощью растворителей)
- Физико-химические (применение специальных реагентов)
- Биологические (микробиологическое разложение)