УДК 624.131.1

Я.В.НЕИЗВЕСТНОВ
ВНИИОкеангеология

ИДЕИ В.Д.ЛОМТАДЗЕ – КЛЮЧ К РАЗРАБОТКЕ ОБЩИХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КЛАССИФИКАЦИЙ ГРУНТОВ ЗЕМНОГО ШАРА

Идеи В.Д.Ломтадзе о собственно инженерно-геологическом подходе, отдающем первенство условиям взаимодействия геологической среды с инженерными сооружениями, к разработке соответствующих классификаций грунтов, положены в основу создания общей инженерно-геологической классификации донных грунтов океанского дна. В классификации выделены классы по устойчивости при взаимодействии с сооружениями, группы по характеру структурных связей, подгруппы, в основном, по прочности, генетические типы, литологические виды и разновидности.

V.D.Lomtadze's concepts on the engineering-geological approach to the development of appropriate classifications of different types of ground serve as a basis to establish a general engineering-geological classification of the sea bottom ground taking into consideration conditions of interaction between geological environment and engineering structures. The given classification involves such divisions as classes according to stability when interacting with engineering structures, groups on character of structural relations, subgroups in accordance with strength, genetic types, lithological types and varieties.

Основатель учения об инженерной петрологии проф. В.Д.Ломтадзе рассматривал общую инженерно-геологическую классификацию пород как центральную теоретическую проблему не только инженерной петрологии, но и инженерной геологии в целом [3].

Из всех известных на конец 20-го века общих классификаций горных пород (грунтов), включая классификацию государственного стандарта (ГОСТ 25100-95), составленную на основе научных разработок Е.М.Сергеева [7], В.Д.Ломтадзе принципиально наиболее правильной считал классификацию Ф.П.Саваренского [6], на основе которой разработана общая инженерно-геологическая классификация горных пород (по Ф.П.Саваренскому с изменениями и дополнениями В.Д.Ломтадзе, 1970), свободная от недостатков, сохранившихся, к сожалению, в ГОСТ 25100-95.

Главный из этих недостатков заключается, с нашей точки зрения, в подходе к выбору основных классификационных признаков без учета реальных особенностей взаимодействия грунтов с сооружениями. Так, класс природных скальных грунтов, выделенный по признаку наличия жестких (кристаллизационных и цементационных) структурных связей, включает группу полускальных, состоящую как из алевритов, песчаников и других горных пород, являющихся надежными естественными основаниями любых ответственных сооружений, так и из галитов, карнолитов, гипсов и ангидритов – пород абсолютно не пригодных в качестве грунтовых оснований сооружений. К сожалению, неоднократно приходилось убеждаться в пагубности практики возведения зданий и сооружений на растворимых породах.

В классификациях Ф.П.Саваренского – В.Д.Ломтадзе карнолиты, галиты (каменная соль), глины и ангидриты выделены в пятую группу – пород особого состава, состояния и свойств, что заставляет уделять им особое внимание при инженерно-геологических изысканиях и составлении инженерно-геологических рекомендаций по условиям строительства. Наличие среди таксономических единиц классификации пятой группы, объединяющей горные породы (грунты) с

особыми свойствами, требующими повышенного внимания специалистов, определяет сам подход к процедуре инженерно-геологической классификации, состоящей в необходимости первоочередного выделения среди множества грунтов, слагающих те или иные площади, в первую очередь пород «особой» пятой группы по Ф.П.Саваренскому – В.Д.Ломтадзе.

Дальнейшее развитие общей инженерно-геологической классификации грунтов вызвано расширением сферы деятельности человека – вовлечением в промышленное освоение глубоководных месторождений полезных ископаемых. Идеи В.Д.Ломтадзе о необходимости собственно инженерно-геологического подхода к разработке классификаций грунтов легли в основу создания общей инженерно-геологической классификации донных грунтов океана [4, 5].

Потребность в подобной классификации определялась своеобразными инженерно-геологическими условиями намечаемой разработки твердых полезных ископаемых, в частности – полиметаллических конкреций, глубоководных областей океана. Подстилающие, например, залежи полиметаллических конкреций донные осадки по своим свойствам заметно отличаются от грунтов, охваченных классификациями для подводной и надводной частей континентов. По инженерно-геологической классификации глинистых пород В.Д.Ломтадзе [3] практически все или подавляющая часть образований осадочного покрова техногеосферы океанского дна относятся к одной группе отложений «предельно малой степени литификации» или к группе слабой степени уплотнения с дальними коагуляционными контактами по В.И.Осипову [6]. Наиболее близкими по свойствам к тонкодисперсным донным осадкам океана являются илы, распространенные на континентальных шельфах и прибрежной суше. По Ф.П.Саваренскому и В.Д.Ломтадзе, илы, относящиеся к грунтам особого состава, состояния и свойств, являются малопригодными в качестве основания инженерных сооружений. На океанском дне наличие архимедовых сил позволяет возводить сооружения и осуществлять работу механизмов сбора конкреций с весьма малыми удельными давлениями на грунты основания. Это обстоятельство определяет необходимость дробного расчленения донных океанских грунтов «предельно малой степени литификации», занимающих свыше 80 % площади дна глубоководных областей, что и осуществлено в общей инженерно-геологической классификации донных грунтов океана.

В рассматриваемой классификации все множество донных грунтов Мирового океана подразделено на шесть таксонов: классы, группы, подгруппы, типы, виды, разновидности с некоторыми отличиями классификационных признаков от принятых для континента в межгосударственном стандарте (ГОСТ 25100-95). Главное отличие в том, что таксономические единицы первого порядка – классы грунтов выделяются по особенностям их взаимодействия с сооружениями, а не по характеру структурных связей. Выделяется класс устойчивых практически недеформируемых пород, класс относительно устойчивых грунтов, деформация которых под основаниями сооружений может быть достаточно точно оценена с помощью расчетного аппарата механики грунтов с обеспечением устойчивости сооружений на срок эксплуатации, и класс неустойчивых грунтов, способных подвергаться интенсивным деформациям, вплоть до полного разрушения, при рядовых изменениях окружающей среды. Первые два класса устойчивых и относительно устойчивых донных грунтов океана подразделены на группы по характеру структурных связей и подгруппы по прочности этих связей (табл.1). Во второй класс – относительно устойчивых грунтов отнесены полускальные преимущественно с цементационными связями, рыхлые (механические связи), мягкие – с ближними коагуляционными связями и слабые, обладающие дальними коагуляционными связями.

Выделение группы слабых грунтов, объединяющей вязкотекучие и жидкотекучие донные осадки с водно-коллоидными структурными связями, характеризующимися прочностью на сдвиг (удельное сцепление) менее 5 кПа, отражает специфику ин-

Таблица 1

Общая инженерно-геологическая классификация донных грунтов океанского дна (Я.В.Неизвестнов, 1989, с дополнениями)

Классы	Группы	Подгруппы
I. Устойчивые (практически недеформируемые породы)	Ia. Твердые скальные (кристаллизационные и прочные цементационные связи)	Весьма высокой прочности (предел прочности на сжатие $R_{сж}$ = 400 МПа и более)
		Высокой прочности ($R_{сж}$ = 50-400 МПа)
II. Относительно устойчивые (слабо деформируемые при соответствии нагрузок от сооружений физико-механическим свойствам грунтов)	IIa. Относительно твердые полускальные (преимущественно цементационные структурные связи)	Прочные ($R_{сж}$ = 15-50 МПа)
		Средней прочности ($R_{сж}$ = 2,5-15 МПа)
		Малой прочности ($R_{сж}$ = 0,5-2,5 МПа)
	IIб. Рыхлые (преимущественно механические связи)	Относительно прочные (угол внутреннего трения $\varphi > 30°$)
		Относительно слабые ($\varphi < 30°$)
	IIв. Мягкие (преимущественно ближние коагуляционные связи)	Полутвердые (сопротивление вращательному срезу $\tau > 50$ кПа)
		Тугопластичные (τ = 20-50 кПа)
		Мягкопластичные (τ = 10-20 кПа)
		Текучепластичные (τ = 5-10 кПа)
	IIг. Слабые преимущественно дальние коагуляционные связи)	Вязкотекучие (τ = 1-5 кПа)
		Жидкотекучие ($\tau < 1$ кПа)
III. Неустойчивые (подвергающиеся интенсивным деформациям вплоть до полного разрушения при изменении условий окружающей среды)	IIIa. Растворимые и выщелачиваемые	Слаборастворимые (растворимость менее 1 г/л)
		Сильнорастворимые (растворимость более 1 г /л)
	IIIб. Мерзлые льдистые и содержащие кристаллогидраты	Слабопросадочные, относительная просадочность при оттаивании под нагрузкой 0,1 МПа равна 0,01-0,10
		Сильнопросадочные, относительная просадочность при оттаивании под нагрузкой 0,1 МПа более 0,10
	IIIв.Обогащенные органическим веществом	Слабообогащенные с содержанием органического вещества 0,10-0,25
		Среднеобогащенные с содержанием органического вещества 0,25-0,50
		Сильнообогащенные с содержанием органического вещества свыше 0,50

женерно-геологических условий глубоководных областей Мирового океана.

Группы первых двух инженерно-геологических классов разделены на подгруппы, исходя из их прочности, для скальных и полускальных грунтов, по критериям, предлагаемым классификацией горных пород Ф.П.Саваренского с изменениями и дополнениями В.Д.Ломтадзе [3].

В группе рыхлых отложений выделены подгруппы, исходя из значений угла внутреннего трения, а тонкодисперсные мягкие и слабые грунты подразделены на подгруппы, исходя из значений сопротивления вращательному срезу или эквивалентных значений пластической прочности (удельных сопротивлений пенетрации), донных осадков естественного сложения.

Наименование подгрупп принято по таблице В.Ф.Разоренова, отражающей разделение глинистых отложений нарушенного сложения по консистенции, исходя из величины их пластической прочности [3, с.357]. В классе неустойчивых грунтов выделены также группы растворимых, мерзлых и обогащенных органическим веществом грунтов. Подгруппы в соответствующих грунтах разделяются по растворимости, величине просадочности при оттаивании и обогащенности органическим веществом (табл.1). В классификации донных грунтов океана выделяются также генетические типы грунтов,

литологические виды и их разновидности. Пример такой классификации, выполненной по результатам инженерно-геологических исследований в рудной провинции Кларион-Клиппертон Тихого океана с координатами 6-18° с.ш., 117-158° з.д. приведен в табл.2.

Нужно отметить, что в рудной провинции Кларион-Клиппертон, расположенной в глубоководной зоне Мирового океана, неустойчивые породы III класса не выявлены. Неустойчивые грунты всех подгрупп (см. табл.1) распространены главным образом на материковой террасе и других структурах континентальных окраин. На пассивных континентальных окраинах широко развиты эвапориты, газовые гидраты, а на шельфе Северного Ледовитого океана – многолетнемерзлые породы [1, 2].

Таблица 2

Инженерно-геологическая классификация океанских грунтов рудной провинции Кларион-Клиппертон Тихого океана (Я.В.Неизвестнов, А.В.Кондратенко, 2002)

Классы	Группы	Подгруппы	Типы	Виды	Разновидности
I. Устойчивые (практически не деформируемые)	Скальные	Высокой прочности ($R_{сж}$ = 50-400 МПа)	Магматические	Базальты Долериты	Базальты массивные Базальты подушечные Долериты массивные
II. Относительно устойчивые (слабодеформирующиеся при нагрузках ниже критической)	Полускальные	Малой прочности ($R_{сж}$ = 0,5-2,5 МПа)	Осадочные биогенные	Карбонатные Кремнистые	Известняки слаболитифицированные Кремнистые отложения
	Рыхлые	Относительно прочные ($\varphi > 30°$)	Осадочные эдафогенные	Крупнообломочные (глыбовые)	Базальтовые осыпи Известняковые осыпи
		Относительно слабые ($\varphi < 30°$)	Осадочные биогенные	Песок	Мелкие (кокколитофораминиферовые) пески
	Мягкие	Полутвердые ($\tau > 50$ кПа)	Осадочные биогенные	Карбонатные	Мергелеподобные и мелоподобные глинисто-карбонатные и карбонатные отложения
		Тугопластичные (τ = 20-50 кПа)	Гальмиролитические осадочные	Глинистые Кремнисто-глинистые	Глинистые корки Глины цеолитсодержащие Глины радиоляриевые
		Мягкопластичные (τ = 10-20 кПа)	Гальмиролитические осадочные	Глинистые	Глины цеолитсодержащие Глины радиоляриевые
		Текучепластичные (τ = 5-10 кПа)	Полигенные	Тонкодисперсные осадки	Глинистые (мотмориллонит-гидрослюдистые) отложения Кремнисто-глинистые отложения
	Слабые	Вязкотекучие (τ = 1-5 кПа)	Полигенные	Тонкодисперсные осадки	Глинистые отложения Кремнисто-глинистые отложения Карбонатно- глинистые отложения
		Жидкотекучие ($\tau < 1$ кПа)	Полигенные	Тонкодисперсные осадки	Глинистые (монтмориллонит-гидрослюдистые) отложения Кремнисто-глинистые отложения

Подводя итог, отметим, что имеющиеся материалы по инженерно-геологическим условиям различных регионов Земли позволяют приступить к созданию единой общей инженерно-геологической классификации грунтов суши и океанского дна. Непременной составляющей такой классификации, в соответствии с идеями В.Д.Ломтадзе, должны быть таксономические подразделения, отражающие наличие среди множества горных пород и других образований, объединенных понятием грунты, неустойчивых разновидностей, включающих в себя горные породы особого состава, состояния и свойств по Ф.П.Саваренскому. Представляется, что в процессе разработки общей инженерно-геологической классификации грунтов Земли в класс неустойчивых горных пород должны быть включены горные породы напряженного состояния, способные перейти в подвижное состояние, как компоненты обвалов, оползней, селевых потоков и других опасных гравитационных процессов и явлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богданов Н.А.* Пассивные континентальные окраины / Н.А.Богданов, В.Е.Хаин // Российская Арктика. Геологическая история, минералогия, геоэкология; ВНИИОкеангеология. СПб, 2002. С.42-48.

2. *Гинсбург В.Д.* Субмаринные газовые гидраты / В.Д.Гинсбург, В.А.Соловьев; ВНИИОкеангеология. СПб, 1994. 200 с.

3. *Ломтадзе В.Д.* Инженерная геология. Инженерная петрология. Л.: Недра, 1984. 512 с.

4. Методические рекомендации по инженерно-геологическим исследованиям при проведении геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции Мирового океана / ВНИИОкеангеология. СПб, 2000. 36 с.

5. *Неизвестнов Я.В.* Общая инженерно-геологическая классификация донных грунтов океана // Методы изучения физико-механических свойств донных отложений Мирового океана / ПГО Севморгеология. Л., 1989. С.47-58.

6. *Саваренский Ф.П.* Инженерная геология. Л.-М., 1937. 422 с.

7. *Сергеев Е.М.* Инженерная геология. М.: Изд-во МГУ, 1978. 384 с.