

doi: 10.5862/MCE.55.9

Выбор мероприятий по защите от размыва оснований гравитационных платформ для освоения шельфа

*К.т.н., доцент Н.Д. Беляев,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;
к.т.н., вед.н.с. В.В. Лебедев,
д.т.н., вед.н.с. И.С. Нуднер,
23 Государственный морской проектный институт – филиал ОАО «31 ГПИСС»;
к.т.н., доцент К.К. Семенов,
студент Д.И. Щемелинин,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого*

Аннотация. Одной из главных проблем, возникающих при строительстве шельфовых сооружений, является защита грунтов основания от размыва. Если под действием волн и течений из-под основания гравитационных платформ будет вымываться грунт, то эксплуатация сооружений может стать небезопасной. В этом случае конструкции потеряют устойчивость, что может привести к их разрушению. При проектировании стационарных платформ необходимо исключить возникновение значительного размыва дна вблизи опор.

Существуют различные мероприятия по защите грунтовых оснований морских сооружений гравитационного типа от местных размывов. В данной статье выполнен обзор существующих конструкций и предложена классификация таких сооружений.

Предложены рекомендации по методике выбора защитных мероприятий. Сделаны выводы о необходимости назначения сроков их межремонтной эксплуатации, мониторинга и обследования.

Ключевые слова: гравитационная платформа; размыв; мероприятия по защите основания; классификация; срок службы

Введение

Одним из наиболее распространенных видов гидротехнических сооружений для освоения шельфа являются платформы гравитационного типа различного назначения. Эксплуатация таких сооружений в одной географической точке может продолжаться в течение достаточно длительного периода. Например, у морских ледостойких стационарных платформ указанный период может составлять десятки лет, а у разведывательных буровых барж – от одного до нескольких навигационных сезонов [1–4].

В соответствии с ВСН 41.88 [5] проектирование ледостойких стационарных платформ должно осуществляться с учетом требований безопасной, бесперебойной и экологически безвредной эксплуатации в течение всего срока службы сооружения, а также обеспечения удобства ведения работ по осмотру и текущему ремонту сооружения. При проектировании фундаментов платформ следует учитывать возможность образования и развития местного размыва.

Основания гравитационных платформ рассчитываются по двум группам предельных состояний. Расчеты по первой группе включают, в том числе, оценку местной устойчивости грунта от размывов и других локальных воздействий при установке платформы и ее эксплуатации.

В документе Российского морского регистра судоходства НД № 2-020201-004 [6] в пункте 4.3, посвященном устойчивости сооружений на грунте, указывается, что при проектировании фундамента стационарных платформ необходимо также исключить возникновение значительного размыва дна вблизи опор.

Проблема размыва грунта у оснований рассматриваемых сооружений привела к разработке и появлению значительного числа различных мероприятий по защите грунтовых оснований морских сооружений гравитационного типа от местных размывов. Необходимость принятия таких мероприятий обусловлена тем, что в результате обтекания водным потоком основного гидротехнического сооружения у его основания достаточно быстро могут образовываться размывы дна, что может привести к потере устойчивости всего сооружения [1, 2, 7–15].

Постановка задачи

Вследствие многообразия по назначению и условиям эксплуатации видов платформ гравитационного типа, предназначенных для проведения работ на шельфе, их назначение должно быть определенным образом классифицировано. Анализ существующей в настоящее время нормативно-правовой базы показал, что в соответствии с СП 58.13330.2012 [16] морские нефтегазопромысловые гидротехнические сооружения (МНГС) вне зависимости от их конструкции и условий эксплуатации следует относить к I классу, понижение класса не допускается. Гидротехнические сооружения подразделяют на постоянные и временные. Постоянные сооружения в зависимости от их назначения могут быть основными и второстепенными. К временным относятся сооружения, используемые только в период строительства и ремонта постоянных сооружений. ГТС морских нефтегазопромыслов являются основными гидротехническими сооружениями, так как их повреждение или разрушение может привести к прекращению добычи или к выбросу нефти и газа из морских скважин, хранилищ, трубопроводов. Расчетный срок службы основных гидротехнических сооружений I класса должен приниматься равным 100 лет.

При проектировании гидротехнических сооружений надлежит обеспечивать и предусматривать безопасность и надежность сооружений с конструктивно-технологическими решениями по предотвращению развития возможных опасных повреждений и аварийных ситуаций, которые могут возникнуть в периоды строительства и эксплуатации.

Гидротехнические сооружения, их конструкции и основания, как правило, следует проектировать таким образом, чтобы условие недопущения наступления предельных состояний соблюдалось на всех этапах строительства и эксплуатации, в том числе, и в конце расчетного срока их службы.

При надлежащем технико-экономическом обосновании назначенный срок службы отдельных конструкций и элементов сооружения, разрушение которых не влияет на сохранность основных сооружений гидроузла, допускается уменьшать. При этом проектной документацией должны быть предусмотрены технические решения, обеспечивающие восстановление разрушенных и ремонт поврежденных конструкций и элементов сооружения.

В Постановлении Правительства Российской Федерации от 2 ноября 2013 г. № 986 «О классификации гидротехнических сооружений» шельфовые сооружения не представлены.

На основании анализа нормативной документации можно сделать вывод о необходимости разработки классификации мероприятий по защите оснований гравитационных платформ от размыва для повышения надежности их эксплуатации. Актуальной является задача обоснования выбора таких мероприятий и назначение срока их работы с учетом назначения и длительности эксплуатации основного сооружения.

Классификация защитных мероприятий

Все мероприятия по защите грунтовых оснований гравитационных платформ от размыва предлагается классифицировать следующим образом.

1. По воздействию на водные потоки и перемещение наносов в районе расположения платформ:

- не воздействующие на водные потоки или перемещение наносов, к которым относятся мероприятия по усилению грунта и повышению его устойчивости при воздействии водных потоков (пассивные). В практике эксплуатации гравитационных платформ одним из основных способов защиты дна в рассматриваемом случае являются искусственные покрытия дна (рис. 1);

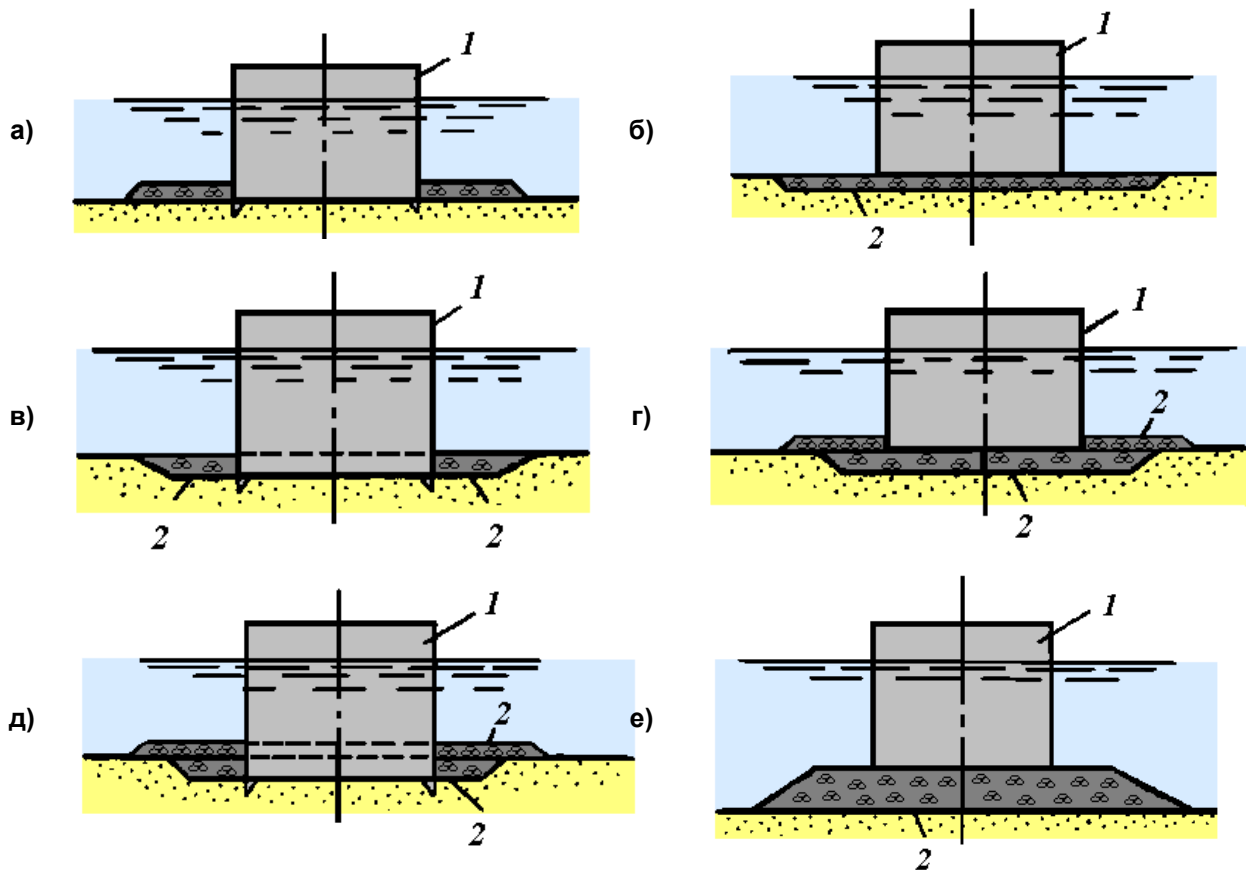


Рисунок 1. Схемы организации набросной защиты дна от размыва у основания платформы гравитационного типа [17]:
1 – сооружение; 2 – наброска

- воздействующие на водные потоки или перемещение наносов, к которым относятся меры по накоплению наносов у основания гравитационной платформы (активные). Достигнуть преобладания отложения наносов над размывом в защищаемой области дна можно либо за счет использования специальных конструкций, либо за счет непосредственного укрепления донного грунта специальным образом (рис. 2).

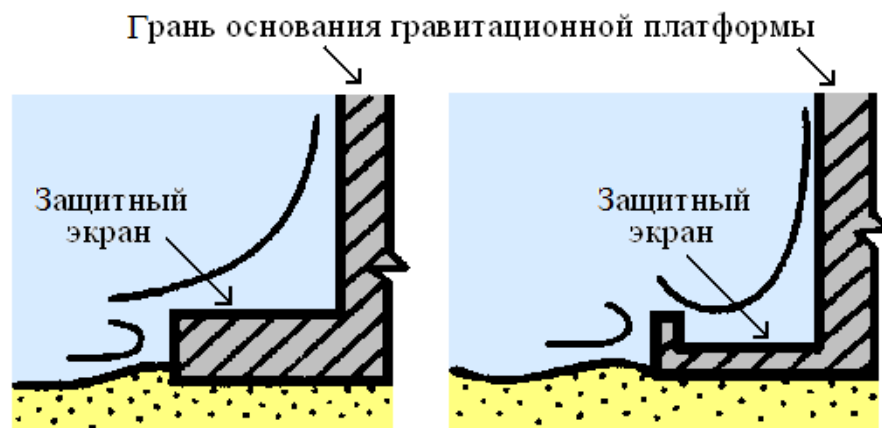


Рисунок 2. Экран-отражатель, размещаемый у грани основания гравитационной платформы с целью вызвать отложение естественных наносов [17]

2. По размещению относительно основных сооружений.

2.1. Распространяющиеся преимущественно по поверхности дна на определенной площади около гидротехнического сооружения, выступающие или не выступающие над поверхностью естественного дна, к которым могут быть отнесены:

Беляев Н.Д., Лебедев В.В., Нуднер И.С. Семенов К.К., Щемелинин Д.И. Выбор мероприятий по защите от размыва оснований гравитационных платформ для освоения шельфа

- защита грунтовых оснований гидротехнических сооружений с помощью гранулированных материалов, которые представляют собой гибкие системы и могут самовосстанавливаться в местах локальных повреждений в результате просадки грунта (рис. 3); в настоящее время имеется необходимое оборудование и накоплен опыт применения такого рода покрытий [8, 12–15, 18–23];



Рисунок 3. Проект сооружения с защитой из каменной наброски [24]

- укладка покрытий из тканевых и сетчатых мешков, матрасов, габионов (рис. 4);

а)

б)

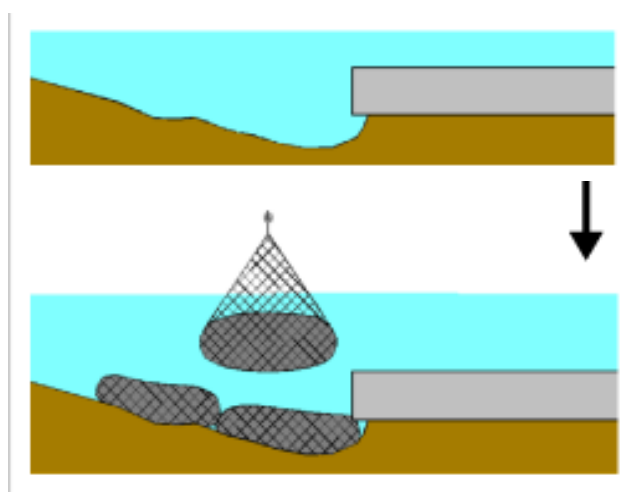


Рисунок 4. Защита с помощью сеток с камнями фирмы Куоуа Со Ltd [25]:
а – вид сетки; б – схема укладки сеток на участке местного размыва у края сооружения

- установка искусственных бетонных плит, матов, матрасов и блоков (рис. 5);

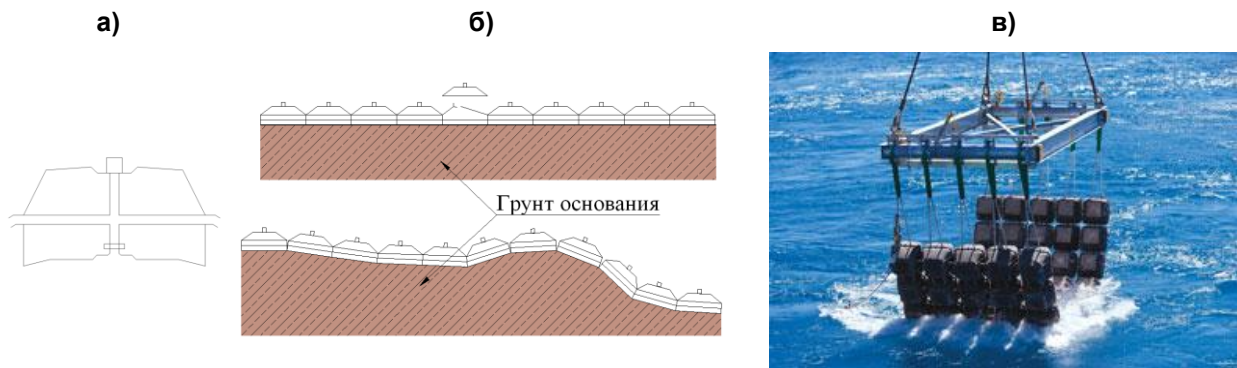


Рисунок 5. Система защиты дна в виде сборных покрытий: а – бетонный элемент; б – ковер из бетонных элементов; в – укладка покрытий из сборных матов

- плиты, шарнирно соединенные с основным сооружением, являются одним из методов защиты основания от размыва, который имеет преимущество, т.к. существует возможность его установки одновременно с платформой (рис. 6);

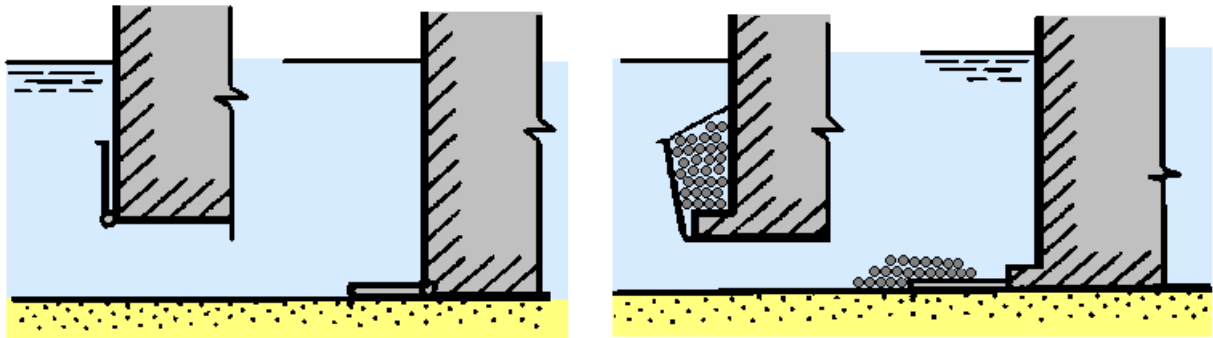


Рисунок 6. Использование шарнирных плит как средства защиты основания платформы гравитационного типа от размыва [17]

- защита оснований от размыва путем укладки матов из резины, геотекстиля и других гибких элементов, положительными качествами которых являются легкость в изготовлении, невосприимчивость к локальным повреждениям грунта, вариация размеров (рис. 7) [1, 22, 26];



Рисунок 7. Общий вид защиты из геоткани с трубными рамами и цепями: а – перед транспортировкой на место эксплуатации; б – подготовка перед погружением [1]

- метод «искусственные водоросли» технологически заключается в укладке на защищаемый участок дна специальных матов, покрытых синтетическими волокнами, исполняющих роль водорослей, изменяющих характеристики водного потока и перемещения грунта (рис. 8).



Рисунок 8. Устройство защитного покрытия из матов с искусственными водорослями [27]

2.2. Защитные мероприятия, распространяющиеся преимущественно вдоль вертикальной оси гидротехнического сооружения с заглублением в естественное дно и (или) расположенные над ним:

- «юбки», расположенные по периметру сооружения и служащие для лучшего сопряжения платформы с грунтом. Юбочные конструкции не предотвращают размыв, но при его возникновении снижают опасность потери устойчивости платформы вследствие возможности подмыва основания (рис. 9) [10, 35];

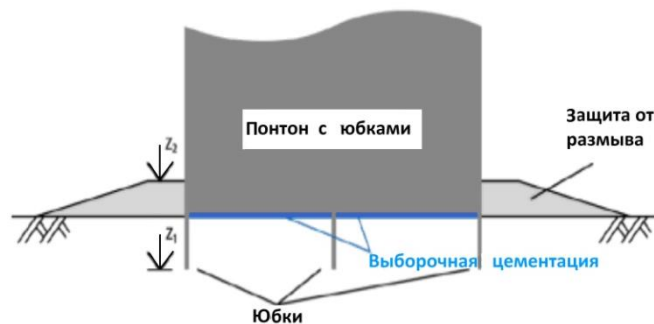


Рисунок 9. Понтон с юбками [28]

- устройство шатровой защиты и перфорирование стенок вокруг основного сооружения имеют цель уменьшить интенсивность потока вокруг опоры и вызвать отложение наносов (рис. 10);



Рисунок 10. Перфорирование стенок вокруг основного сооружения MCP-01 на месторождении Frigg [29]

- защита путем изменения формы корпуса сооружения – сооружению придается форма конуса, чем обеспечивается минимум ледовых нагрузок и наибольшая устойчивость, также такая форма сооружения может привести к уменьшению придонных скоростей и, как следствие, к снижению размывов (рис. 11).

Беляев Н.Д., Лебедев В.В., Нуднер И.С. Семенов К.К., Щемелинин Д.И. Выбор мероприятий по защите от размыва оснований гравитационных платформ для освоения шельфа

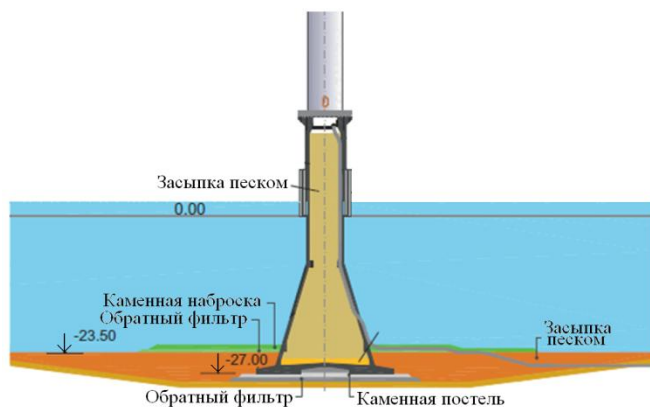


Рисунок 11. Конусообразная форма опорного основания [30]

3. По использованию материалов, из которых они создаются:

- с использованием природных материалов (рис. 1, 3);
- с использованием искусственных материалов (рис. 5, 7, 8);
- с использованием природных и искусственных материалов (мешки с песком, габионы с камнем и т. п.) (рис. 4, 6).

4. По связям с основным сооружением:

- с наличием указанных связей, то есть устройства для защиты от размыва, соединенные с основным гидротехническим сооружением. Например, устройство короткой «юбки» (рис. 9), закрепленной на корпусе основного сооружения. При этом длина юбки определяется судоходными глубинами и возможностью проводки платформы с юбкой. Преимущество такого устройства состоит в возможности обеспечения защиты основания от размыва одновременно с установкой платформы, недостаток – возможность подмыва основания;
- устройства для защиты от размыва, возводимые отдельно от основного гидротехнического сооружения. Например, устройство длинной «юбки» путем установки шпунтового ряда по периметру основания платформы или самозасасывающихся юбочных оснований (рис. 12). Преимущество такой системы заключается в исключении подмыва основания, недостаток – в возведении через определенный промежуток времени после установки платформы.

а)

б)

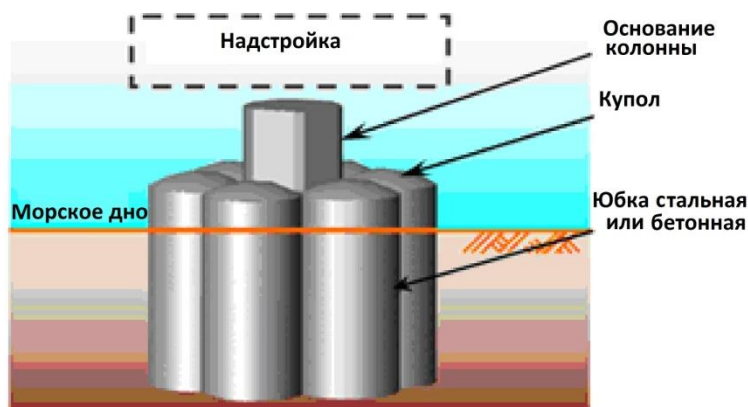


Рисунок 12. Самозасасывающиеся юбочные основания:

а – общая схема; б – пример использования в качестве основания «Troll A» [31]

Предложения по обеспечению надежности эксплуатации платформ гравитационного типа

Выбор мероприятий защиты от размыва оснований платформ гравитационного типа зависит от наличия и стоимости материалов защитных сооружений, технических средств доставки материалов и установки защитных сооружений, а также от назначения самой платформы.

Предлагается произвести деление шельфовых сооружений на элементы, как это сделано в ГОСТ Р 54523–2011 для портовых сооружений [32]. В этом документе представлены нормируемые виды дефектов элементов сооружений и показатели их технического состояния, в том числе, и для таких элементов, как крепление откоса для защиты грунта от размыва волнами и течениями из камня различной крупности; берменный массив для защиты каменной постели от размыва из бетона; покрытие откоса для его защиты от действия волн из каменной кладки, кладки из бетонных массивов, покрытия из фасонных железобетонных блоков.

Буровые разведывательные баржи в случае их посадки на грунт для производства работ предлагается относить к временным гидротехническим сооружениям. Временные сооружения, как правило, относятся к IV классу [16], но так как в данном случае разрушение таких сооружений может вызвать последствия катастрофического характера, их следует относить к III классу.

В соответствии с нормативным документом СП 58.13330.2012 [16] для возводимых гидротехнических сооружений необходимо назначать класс сооружения, а также в соответствии с классом назначать нагрузки и воздействия на него, включая параметры водного потока, воздействующего на рассматриваемое сооружение и на донный грунт в районе его расположения.

Такой подход необходим, так как параметры водного потока, воздействующего на сооружение и донный грунт в районе его расположения, являются исходными данными для выбора и расчета мероприятий по защите основания этого сооружения от размыва. Следует отметить, что сооружения защиты основания от размыва либо должны иметь срок эксплуатации без ремонта, равный сроку эксплуатации без ремонта основного сооружения (гравитационной платформы), либо срок эксплуатации защитных сооружений без ремонта может быть меньше срока эксплуатации без ремонта основного сооружения [11].

Назначение указанных сроков определяет вид и конструкции защитных мероприятий и, следовательно, затраты на их возведение и эксплуатацию. Соблюдение требования равенства сроков эксплуатации без ремонта основного сооружения и сооружений по защите основания основного сооружения приводит к выбору вариантов массивных защитных сооружений. Создание таких сооружений требует значительных капитальных вложений и длительных сроков их возведения. Уменьшение срока межремонтной эксплуатации защитных сооружений приводит к уменьшению затрат на их возведение, но требует усиления контроля за их состоянием путем мониторинга и обследований, а также разработки мероприятий по устранению возможных аварийных ситуаций.

Как уже отмечалось, основную опасность местного размыва в районе платформ гравитационного типа представляет потеря несущей способности грунтового основания. Несущая способность грунтового основания определяется его состоянием под платформой, в том числе величиной площади опорной поверхности, на которую опирается сооружение.

В связи с этим организация мониторинга состояния защитных сооружений в межремонтный период их эксплуатации является весьма важной задачей обеспечения надежности эксплуатации основного сооружения. Для обеспечения безопасной эксплуатации и в соответствии с положениями Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» [33] требуется разработка нормативного документа, регламентирующего необходимость, сроки обследования и организацию мониторинга шельфовых сооружений.

Заключение

В связи с необходимостью повышения надежности эксплуатации платформ гравитационного типа, наиболее часто применяемых для освоения шельфа, существует проблема выбора и расчета мероприятий по защите оснований указанных платформ от размыва.

Для оптимизации выбора мероприятий по защите оснований платформ гравитационного типа от размыва предложена их классификация.

Для снижения затрат на возведение сооружений для защиты оснований платформ гравитационного типа от размыва необходимо назначать сроки межремонтной эксплуатации указанных сооружений.

В период межремонтной эксплуатации необходима организация мониторинга и обследований сооружений для защиты оснований платформ гравитационного типа от размыва.

Литература

1. Апполонов Е.М., Тимофеев О.Я., Симонов Ю.А., Обидин Ю.И., Завьялов А.П. Научная технология проведения и обеспечения безопасности морских операций: МЛСП «Приразломная», ППБУ «Полярная звезда», ПОПБУ «Обская-1», модулей платформ LUN-A и PA-B, ПБУ «Исполин» // VI конференция «Шельф России 2011». Москва, 2011. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: [http://core.theenergyexchange.co.uk/agile_assets/1300/Oleg_Timofeev_\(RUS\).pdf](http://core.theenergyexchange.co.uk/agile_assets/1300/Oleg_Timofeev_(RUS).pdf) (Дата обращения: 15.03.15).
2. Беллендир Е.Н. Научное обоснование проектирования гравитационных опорных блоков морских ледостойких платформ и их сопряжения с грунтовым основанием. Дисс. ... докт. техн. наук. СПб., 2006. 284 с.
3. Кульмач П.П. Морские сооружения для освоения полярного шельфа. М.: 26 ЦНИИ МО РФ, 1999. 336 с.
4. Симаков Г.В., Шхинек К.Н., Смелов В.А. [и др.]. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе. Л.: Судостроение, 1989. 322 с.
5. ВСН 41.88. Проектирование морских ледостойких стационарных платформ. Миннефтепром. М.: ВНИПИморнефтегаз, 1988.
6. НД 2-020201-004. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП). Российский морской регистр судоходства. СПб., 2001.
7. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб: «Лань», 2003. 285 с.
8. Беляев Н.Д. Защита оснований ледостойких платформ от размыва // Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сб. науч. тр. 2009. Вып. 8. С. 228–236.
9. Беляев Н.Д., Лебедев В.В., Нуднер И.С., Мишина А.В., Семенов К.К., Щемелинин Д.И. Экспериментальные исследования воздействия волн типа цунами на грунт у оснований морских гравитационных платформ // Инженерно-строительный журнал. 2014. №6(50). С. 4–12.
10. Babchik D., Belyaev N., Lebedev V. [et al.]. Experimental investigations of local scour caused by currents and regular waves near drilling barge foundations with cutout in stern // Application of Physical Modelling to Port and Coastal Protection. Volume 2. Book of Proceedings of 5th International Conference "Coastlab14". Varna, Bulgaria. Pp. 114–124.
11. EM 1110-2-1100. Coastal Engineering Manual – Part VI. CECW-CE. VI-5-6. Scour and Scour Protection / US Army Corps of Engineers.
12. Hoffmans G.J.C.M., Verheij H.J. Scour manual. Rotterdam: CRS Press, 1997. 224 p.
13. Hughes S.A. Design of maritime structures. Scour and scour protection. US Army Corps of Engineers. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.oas.org/cdcm_train/courses/course4/chap_8.pdf (дата обращения: 15.02.2015)
14. Rytkonen J. Local scour and scouring protection of drilling platforms in the Arctic sea environment. / Technical Research Centre of Finland (VTT), ESPOO, 1983, Research Notes 267.
15. Shchemelinin L.G., Utin A.V., Belyaev N.D. [et al.]. Experimental studies regarding the efficiency of sea bed soil protection near offshore structures // Proceedings of the ISOPE. 2014. TPC-0320. Pp. 625–631.
16. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. Утвержден Приказом Минрегиона России от 29 декабря 2011 г. №623.
17. Халфин И.Ш. Воздействие волн на морские нефтегазопромысловые сооружения. М.: Недра, 1990. 312 с.
18. Beliaev N.D. Review of protection methods against propeller erosion // Proceedings of the IV Int. Seminar on Renovation and Improvements to Existing Quay Structures. Technical University of Gdansk. Poland, 1997. Vol. 1. Pp. 5–12.

Беляев Н.Д., Лебедев В.В., Нуднер И.С., Семенов К.К., Щемелинин Д.И. Выбор мероприятий по защите от размыва оснований гравитационных платформ для освоения шельфа

19. Bos K.J., Verheij H.J., Kant G., Kruisbrink A.C.H. Scour Protection Around Gravity Based Structures Using Small Size Rock // First International Conference on Scour of Foundations, ICSF-1. Texas A&M University, College Station, Texas, USA. November 17-20, 2002. Pp. 567–582.
20. Bos K.J., Chen Z., Verheij H.J., Onderwater M., Visser M. Local scour and protection of F3 offshore GBS platform // Proceedings 21st International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, June 2002, Oslo, Norway. 2002. Paper 28127.
21. Rance P.J. The potential for scour around large objects. Scour prevention techniques around offshore structures // Society for Underwater Technology, one-day seminar on 16 December 1980. London, 1980. Pp. 41–53.
22. Deltares, 2010. Scour & scour protection – Recent research & innovative ideas. Presentation Rudolph, D. CEDA / IRO clubavond, Wassenaar, 9 March 2010. 32 p.
23. The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (second edition). Chapter 6. Design of marine structures. CIRIA; CUR; CETMEF. C683, CIRIA Publication, London. 2007. 32 p.
24. Technical Project Description for the large-scale offshore wind farm (600 MW) at Kriegers Flak. Dokument nr. 37007/13, sag 12/497. Danish Energy Agency, Denmark. 2013. 52 p.
25. Masato Y. Yoshikazu I., Kazuo O., Sukeo T., Takahito O., Saiji N., Toshihiro T. Material and construction method of prevention of scour for the underwater structure. Patent. US 6305876 B1. Publ. 10/23/2001.
26. Huisman B.J.A., Rudolph D., Kanand A., Möschen M. Scour protection performance of an innovative composite rubber mat at offshore wind turbine foundations // European Offshore Wind Conference. 2009, EWEA. P. 9.
27. Техническая документация на маты компании «Seabed Scour Control Systems». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sscsystems.com/files/sscs-interactive-%28но-мар%29> (дата обращения: 16.11.12)
28. Mokkelbost K.H. Geotechnical issues and foundations. Offshore Wind Energy. NGI. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.ngi.no/upload/73636/NGI-KH-Mokkelbost.pdf> (дата обращения: 15.02.2015)
29. MCP-01 Decommissioning Programme. MCP01-00-A-00-0006, rev. 06 TOTAL E&P UK Limited. 2007.
30. Peire K., Nonneman H. and Bosschem E. Gravity Base Foundations for the Thornton Bank Offshore Wind Farm // Terra et Aqua. 2009. No. 115. Pp. 19–29.
31. Saito T., Yoshida Y., Itoh M., Masui N. Skirt suction foundation – application to strait crossings. PWRI. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://www.pwri.go.jp/eng/ujnr/tc/g/pdf/22/22-6-4saito.pdf> (дата обращения: 15.03.15).
32. ГОСТ Р 54523–2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2012.
33. О безопасности гидротехнических сооружений. Федеральный закон от 21.07.1997 N 117-ФЗ (ред. от 28.12.2013).

*Николай Дмитриевич Беляев, Санкт-Петербург, Россия
Тел. моб.: +7(921)9827244; эл. почта: dnd@mail.ru*

*Владимир Валентинович Лебедев, Санкт-Петербург, Россия
Тел. моб.: +7(921)6498367; эл. почта: vladimir.v.lebedev@mail.ru*

*Игорь Сергеевич Нуднер, Санкт-Петербург, Россия
Тел. моб.: +7(911)7528499; эл. почта: igor_nudner@mail.ru*

*Константин Константинович Семенов, Санкт-Петербург, Россия
Тел. моб.: +7(911)7320171; эл. почта: semenov.k.k@gmail.com*

*Дмитрий Игоревич Щемелинин, Санкт-Петербург, Россия
Тел. моб.: +7(921)5632614; эл. почта: dimabens@gmail.com*

© Беляев Н.Д., Лебедев В.В., Нуднер И.С. Семенов К.К., Щемелинин Д.И., 2015

doi: 10.5862/MCE.55.9

Selection of protective measures against scouring at the foundations of offshore gravity platforms

N.D. Belyaev

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia
+79219827244; e-mail: dnd@mail.ru*

V.V. Lebedev

*23 State Marine Design Institute – branch of «31 State Design Institute of Special Construction»,
St. Petersburg, Russia
+79216498367; e-mail: vladimir.v.lebedev@mail.ru*

I.S. Nudner

*23 State Marine Design Institute – branch of «31 State Design Institute of Special Construction»,
St. Petersburg, Russia
+79117528499; e-mail: igor_nudner@mail.ru*

K.K. Semenov

+79117320171; e-mail: semenov.k.k@gmail.com

D.I. Shchemelinin

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia
+79215632614; e-mail: dimabens@gmail.com*

Key words

gravity platform, scour, measures to protect the foundation, classification, life time

Abstract

One of the main problems in offshore engineering is associated with scour protection at marine structures. Operation of gravity platforms may be unsafe if the soil is washed out from under their foundations due to the effect of waves and currents. The structures may lose stability and collapse. When designing a fixed platform, it is necessary to exclude the occurrence of a significant bottom scour near its base.

There are various measures to protect soil foundations under offshore gravity structures from local scour. This article gives an overview of existing constructions, proposes a classification of such structures and provides recommendations on the method of selecting protective measures.

In conclusion, it asserts the importance of setting the terms of their inter repair maintenance, monitoring and inspection.

References

1. Apollonov Ye.M., Timofeev O.Ya., Simonov Yu.A., Obidin Yu. I., Zavyaliv A.P. Nauchnaya tekhnologiya provedeniya i obespecheniya bezopasnosti morskikh operatsiy: MLSP «Prirazlomnaya», PPBU «Polyarnaya zvezda», POPBU «Obskaya-1», moduley platform LUN-A i RA-V, PBU «Ispolin» [Science and technology of conducting maritime security operations: Offshore ice-resistant fixed platform "Prirazlomnaya" PPBU "Polar Star", POPBU "Ob-1" platform module LUN-A and PA-B, PBU "Giant"]. *VI Conference "Russia Offshore 2011"*. Moscow, 2011. URL: [http://core.theenergyexchange.co.uk/agile_assets/1300/Oleg_Timofeev_\(RUS\).pdf](http://core.theenergyexchange.co.uk/agile_assets/1300/Oleg_Timofeev_(RUS).pdf) (дата обращения: March 15, 2015) (rus)
2. Bellendir Ye.N. *Naychnoe obosnovaniye proyektirovaniya gravitatsionnykh opornykh blokov morskikh ledostoykykh platform i ikh sopriazheniya s gruntovym osnovaniem* [Scientific substantiation of the gravitational support block's design for offshore ice-resistant platforms and coupling them with foundation]. Doctoral dissertation. Saint-Petersburg: VNIIG, 2006. 284 p. (rus)
3. Kulmach P.P. *Morskiye Sooruzheniya osvoeniya polyarnogo shelfa* [Offshore structures for assimilation of the Arctic shelf]. Saint-Petersburg: TsNII MO RF, 1999. 336 p. (rus)
4. Simakov G.V., Shkhinek K.N., Smelov V.A. [et al.]. *Morskiye gidrotekhnicheskiye sooruzheniya na kontinentalnom shelfe* [Marine Hydraulic Structures on the Continental Shelf]. Leningrad: Sudostroenie, 1989. 32 p. (rus)
5. VSN 41.88. *Proyektirovaniye morskikh ledostoykikh statsionarnykh platform* [Design of offshore ice-resistant stationary platform]. Minnefteprom. Moscow: VNIPIorneftegaz, 1988. (rus)

Belyaev N.D., Lebedev V.V., Nudner I.S., Semenov K.K., Shchemelinin D.I. Selection of protective measures against scouring at the foundations of offshore gravity platforms

6. ND 2-020201-004. *Pravila klassifikatsii, postroyki i oborudovaniya plavuchikh burovykh ustanovok (PBU) i morskikh stacionarnykh platform (MSP)* [Rules of classification, construction and equipment of mobile offshore drilling units (MODU) and fixed offshore platforms (FOP)]. Russian Maritime Register of Shipping. Saint-Petersburg, 2001. (rus)
7. Alhimenko A.I., Belyaev N.D., Fomin Yu.N. *Bezopasnost morskikh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Maritime safety of hydraulic structures]. Saint-Petersburg: Lan, 2003. 285 p. (rus)
8. Belyaev N.D. *Zaschita osnovanii ledostoiykykh platform ot razmyva* [Protection of ice-resistant platform's foundations from scour]. *Predotvraschenie avariy zdaniy i sooruzheniy: Sb. nauch. tr.* [Prevention of accidents buildings and structures: collection of scientific papers]. Moscow, 2009. Vol. 8. Pp. 228–236. (rus)
9. Belyaev N.D., Lebedev V.V., Nudner I.S., Mishina A.V., Semenov K.K., Shchemelinin D.I. *Eksperimentalnyye issledovaniya vozdeystviya voln tipa tsunami na grunt u osnovaniy morskikh gravitatsionnykh platform* [Experimental study of tsunami-type waves impact on soil at foundations of offshore gravity platforms]. *Magazine of Civil Engineering*. 2014. No.6(50). Pp. 4–12
10. Babchik D., Belyaev N., Lebedev V. [et al.]. *Experimental investigations of local scour caused by currents and regular waves near drilling barge foundations with cutout in stern. Application of Physical Modelling to Port and Coastal Protection. Volume 2. Book of Proceedings of 5th International Conference "Coastlab14"*. Varna, Bulgaria. Pp. 114–124.
11. EM 1110-2-1100. *Coastal Engineering Manual – Part VI*. CECW-CE. VI-5-6. Scour and Scour Protection. US Army Corps of Engineers.
12. Hoffmans G.J.C.M., Verheij H.J. *Scour manual*. Rotterdam: CRS Press, 1997. 224 p.
13. Hughes S.A. *Design of maritime structures. Scour and scour protection. US Army Corps of Engineers*. [Online resource]. System requirements: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.oas.org/cdcm_train/courses/course4/chap_8.pdf (accessed: February 15, 2015)
14. Rytkonen J. *Local scour and scouring protection of drilling platforms in the Arctic sea environment*. Technical Research Centre of Finland (VTT), ESPOO, 1983, Research Notes 267.
15. Shchemelinin L.G., Utin A.V., Belyaev N.D. et al. *Experimental studies of means efficiency for protection of sea bed soil from erosion caused by external factors near offshore structures. Proceedings of the ISOPE*. 2014. TPC-0320. Pp. 625–631.
16. SP 58.13330.2012. *Gidrotekhnicheskiye sooruzheniya. Osnovnyye polozheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 33-01-2003* [Set of rules 58.13330.2012. Hydrotechnical structures. Basics. The updated edition of Building code 33-01-2003]. (rus)
17. Khalfin I.Sh. *Vozdeistvie voln na morskije neftegazopromyslovye sooruzheniya* [The impact of waves on the offshore oil and gas facilities]. Moscow: Nedra, 1990. 313 p. (rus)
18. Beliaev N.D. *Review of protection methods against propeller erosion. Proceedings of the IV Int. Seminar on Renovation and Improvements to Existing Quay Structures*. Technical University of Gdansk. Poland. 1997. Vol. 1. Pp. 5–12.
19. Bos K.J., Verheij H.J., Kant G., Kruisbrink A.C.H. *Scour Protection Around Gravity Based Structures Using Small Size Rock. First International Conference on Scour of Foundations, ICSF-1. Texas A&M University, College Station, Texas, USA. November 17–20, 2002*. Pp. 567–582.
20. Bos K.J., Chen Z., Verheij H.J., Onderwater M. Visser M. *Local scour and protection of F3 offshore GBS platform. Proceedings 21st International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, June 2002, Oslo, Norway*. 2002. Paper 28127.
21. Rance P.J., 1980. *The potential for scour around large objects. Scour prevention techniques around offshore structures*. Papers presented at a one-day seminar on 16 December 1980. Society for Underwater Technology. London. Pp 41–53.
22. Rudolph D. *Scour & scour protection. Recent research & innovative ideas*. CEDA / IRO clubavond, Wassenaar, 9 March 2010
23. *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (second edition) (C683)*. CIRIA Publication. Chapter 6. Design of marine structures
24. *Technical Project Description for the large-scale offshore wind farm (600 MW) at Kriegers Flak*. Dokument nr. 37007/13, sag 12/497
25. *Material and construction method of prevention of scour for the underwater structure*. Patent. US 6305876 B1.
26. Huisman, B.J.A., Rudolph, D., Kanand, A., Möschen, M. *Scour protection performance of an innovative composite rubber mat at offshore wind turbine foundations*.

27. *Tekhnicheskaya dokumentatsiya na maty kompanii «Seabed Scour Control Systems»* [Technical documentation on mats of «Seabed Scour Control Systems»]. [Online resource]. URL: <http://www.sscsystems.com/files/sscs-interactive-%28no-map%29> (accessed: November 16, 2012).
28. Mokkelbost K.H. *Geotechnical issues and foundations. Offshore Wind Energy. NGI*. [Online resource]. System requirements: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.ngi.no/upload/73636/NGI-KH-Mokkelbost.pdf> (accessed: February 15, 2015).
29. MCP-01 *Decommissioning Programme*. MCP01-00-A-00-0006, rev. 06 TOTAL E&P UK Limited. 2007
30. Peire K., Nonneman H. and Bosschem E. Gravity Base Foundations for the Thornton Bank Offshore Wind Farm. *Terra et Aqua*. 2009. No. 115. Pp. 19–29.
31. Saito T., Yoshida Y., Itoh M., Masui N. Skirt suction foundation – application to strait crossings. PWRI. [Online resource]. System requirements: AdobeAcrobatReader. URL: <https://www.pwri.go.jp/eng/ujnr/tc/g/pdf/22/22-6-4saito.pdf> (accessed: March 15, 2012).
32. GOST R 54523-2011. *Portovyye gidrotekhnicheskiye sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya* [Port hydraulic structures. Terms of survey and monitoring the technical condition]. Moscow: Standartinform, 2012 (rus)
33. *O bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [On the safety of hydraulic structures]. Federal Law of 21.07.1997 N 117-FZ (ed. from 12.28.2013). (rus)

Full text of this article in Russian: pp. 79–88