В.П.Дробаденко, Н.Г.Малухин
Московская геолого-разведочная академия

УДК 502.55:620.26

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАХОРОНЕНИЯ ПОДВОДНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

В послевоенный период в акватории Балтийского моря затоплено более 40 судов с химическими боеприпасами, содержащими свыше 50 тыс.т активной массы отравляющих веществ. К настоящему времени вследствие интенсивной коррозии возникает возможность разгерметизации судов и поступления мутагенных и канцерогенных загрязняющих веществ в акваторию Балтийского моря, что вызывает необходимость их изоляции. Для решения этой проблемы разработан метод захоронения подводных объектов, заключающийся в первичной очистке судна от донных наносов, их замещения бетонной смесью, гидротранспортируемой с борта технологического судна с использованием полифункционального оборудования. В качестве наполнителя смеси предлагается использовать местный крупнозернистый материал, добываемый и приготавливаемый непосредственно в акватории работ. Разработанные для производства работ технические средства являются надежными и простыми в эксплуатации, высокопроизводительными, позволяют в кратчайшие сроки и с высокой эффективностью предотвратить наступление экологической катастрофы в акватории Балтийского моря.

In the post-war period in the Baltic Sea water area there were submerged over 40 vessels with chemical ammunition containing more than 50,000 tons of toxic agents active mass. At the present as a result of intensive corrosion there is danger of ships depressurization and ingress of mutagenic and carcinogenic contaminants into the Baltic Sea area. That causes the necessity of their isolation. To solve this problem there has been developed a method of submerged entities burial. It consists in the initial cleaning of the vessel from ground drift, to be followed by concrete mix replacement that is hydrotransported from board the engineering ship with the use of the inventor's polyfunctional equipment. It is suggested one should use as a filler coarse-grained material, mined and prepared locally directly in the water area where work is carried out. The technical facilities developed to conduct the operations involved are reliable and simple in use. They are also highly productive, making it possible to prevent the approach of an ecological disaster in the Baltic Sea area at the earliest possible date and with high efficiency.

Предлагаемая технология касается подводных объектов, содержащих токсичные и радиоактивные вещества, представляющие при попадании их в морскую воду непосредственную опасность для морской флоры и фауны и человека.

Первоочередной задачей предлагаемой технологии является изоляция затопленных химических боеприпасов в проливах Скагеррак и Каттегат акватории Балтийского моря. Известно, что в 1946-1947 гг. странами антигитлеровской коалиции было затоплено свыше 40 судов с химическими боеприпасами, штабелированными в трюмах (свыше 268 тыс.т или до 50 тыс.т активной массы отравляющих веществ).

Экспертные оценки российских и немецких специалистов показывают, что вследствие интенсивной коррозии (скорость 0,1-0,15 мм/год) вероятность общего нарушения герметичности оболочки нижележащих боеприпасов достаточно велика. Этот процесс необратим, и интенсивность его только возрастает во времени. Канцерогенное и мутагенное массовое воздействие отравляющих химических веществ на морепродукты, опасное своей начальной скрытностью, по мнению специалистов, может начаться уже в ближайшие годы.

Совокупные последствия ущерба для экосистемы акватории Балтийского моря практически невосполнимы. И потери для бюджета в странах, «живущих морем», т.е. специализирующихся на добыче, переработке и экспорте морепродуктов, будут неисчислимы.

За последние 6 лет российскими и иностранными специалистами предложен ряд

проектов решения этой проблемы. Следует отметить, что поднятие и перезахоронение подводных объектов, а также придонная их разгрузка экономически не целесообразны. Поэтому основным направлением решения проблемы является изоляция затопленных судов бетонированием непосредственно на дне моря. Предлагаются следующие варианты ведения работ:

- заполнение корпуса подводного судна изолирующей смесью с борта бурового плавсредства;
- предварительное покрытие всего объекта захоронения гибкой сеткой с последующей заливкой цементным раствором;
- засыпка объекта с поверхности моря гравием с последующей заливкой бетоноподобной смесью.

Эти варианты технологии захоронения, по нашему мнению, имеют два принципиально важных недостатка. Во-первых, специальные бетонные смеси могут приготавливаться только из доставляемых с берега необходимых ингредиентов, что требует больших финансовых затрат. Во-вторых, укладка бетона будет производиться на наносные илисто-песчаные отложения значительной мощности, что может привести к некачественному бетонированию и созданию дополнительной пригрузки на поврежденные коррозией боеприпасы.

Предлагаемый нами метод захоронения подводных объектов заключается в первичной очистке объекта от донных наносов с последующим замещением их бетонной смесью, приготавливаемой в процессе ее гидротранспортирования с борта технологического судна, с использованием разработанного нами полифункционального оборудования, новизна которого подтверждена отечественными и зарубежными патентами. Наполнителем смеси является местный крупнозернистый, отмытый от илисто-песчаных шламов материал, добываемый и приготавливаемый также в акватории производства работ. Следует особо отметить, что все технологические операции: выемка и подъем наносов, их классификация, подача цемента в емкости гидротранспортного аппарата, приготовление бетонной закладки и ее перемещение по трубопроводу к объекту захоронения – производятся устройствами, основанными на динамике потоков жидкости в режимах спутно-закрученных многофазных струйных течений.

Принципиальная особенность технологии состоит в том, что при подготовке объекта для захоронения наносы всасываются и подаются эрлифтированием в загрузочно-обменные аппараты на плавсредстве, где разделяются на шламовую и песковую фракции. Затем зерновую часть в смеси с цементом принудительно вытесняют воздушным и воздушно-водяным потоками в напорный трубопровод и в виде бетонной смеси подают на очищенную от наносов площадь объекта захоронения. Шламовую составляющую вытесняют и возвращают на забетонированную площадь.

Предлагаемый метод имеет ряд существенных преимуществ:

- Захоронение объекта производится на очищенную поверхность бетонной смесью с разнофракционным песчано-галечным материалом.
- Приготовление бетонной смеси производится в массообменных емкостях, установленных в трюме технологического судна. Напорная управляемая разгрузка аппарата, заполненного твердым песчано-галечным материалом, производится с использованием эффекта искусственного смерча водяными, либо воздушными закрученными кольцевыми струями. Производительность бетонирования подводного объекта может достигать 150 $м^3$/ч по твердому материалу. Если для захоронения одного объекта требуется около 4500 $м^3$ смеси, то время бетонирования двумя последовательно разгружающимися техническими судами сократится в 3-4 раза по сравнению с другими предлагаемыми способами.
- При использовании еще одного специализированного добычного судна с эрлифтом галечно-песчаную смесь, необходимую для приготовления бетонированного раствора, можно добывать непосредственно в районе производства работ по захоронению боеприпасов.
- Придонная температура воды (2-3 °С) существенно замедляет процесс качествен-

ного бетонирования. Приготовление бетонной смеси в гидротранспортных аппаратах можно вести при температуре воды около 40 °С, что значительно сокращает время рабочего «схватывания» бетона при его укладке на дне.

• Состав бетонной смеси может корректироваться в процессе ее укладки как по соотношению ингредиентов, так и по консистенции.

• Во всех предлагаемых другими исследователями разработках отсутствует опалубка, что позволяет бетону растекаться по всей поверхности тонким слоем. В данном варианте опалубкой служат песчано-илистые отложения, которые обваловывают зону бетонирования по периметру судна с боеприпасами.

Предлагаемые нами технические средства, по нашему мнению, надежны, просты в эксплуатации, производительны. В рамках договора авторы разрабатывают методики расчета сопутствующих технологических процессов с учетом их многофункциональности.