

УДК 639.331.5

АВЕРЧЕНКОВА В.Д., студент гр. ММР-252 (ТГТУ)

ШИРЯЕВА Н. В., студент гр. БРТ-241 (ТГТУ)

КОЗАЧЕК А. В., к.п.н., доцент (ТГТУ)

ДИВИН А. Г., д.т.н, профессор (ТГТУ)

г. Тамбов

ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ УБОРКИ МАЗУТА НА ПЕСЧАНЫХ ПЛЯЖАХ

Приморские пляжи являются одним из любимых мест отдыха населения. Однако попадание на пляж различных загрязнителей не просто делает их непривлекательными для туристов. Растения и животные, попав на загрязнённую территорию, рано или поздно заболевают или погибают. При этом могут страдать и редкие представители флоры и фауны.

Наиболее серьёзный ущерб природной среде наносит загрязнение нефтепродуктами. Это происходит при аварии трубопроводов, которые пролегают под водой или близко к ней, а также при крушении транспортных средств, отвечающих за перевозку нефти (в частном случае – танкеров). Разлитые на поверхность воды нефтепродукты формируют плёнку, которая препятствует проникновению в море кислорода и солнечного света, что ведёт к гибели фитопланктона, а, следовательно, нарушает пищевую цепь внутри морской экосистемы. Животные и птицы, оказавшиеся на месте загрязнения, покрываются нефтью и погибают из-за резких перепадов температур, так как покрытый нефтепродуктами внешний покров нарушает их теплоизоляцию. Съевшие загрязнённую нефтью пищу животные гибнут от отравления [1].

Известно немало случаев аварийного сброса нефтепродуктов в моря и на побережья. Так, одним из самых известных случаев стал разлив мазута в Чёрном море в районе Керченского пролива, произошедший в декабре 2024 года. Танкеры «Волгонефть-239» и «Волгонефть-212», которые перевозили примерно 9,2 тысяч тонн мазута, столкнулись во время сильного шторма. В итоге на Чёрном море произошёл выброс нефтепродуктов массой примерно 3 тысячи тонн. Это спровоцировало появление толстой плёнки на поверхности воды и выпадение тяжёлых фракций на дно моря. Весь этот мазут массово загрязняет большинство берегов Анапы, Крыма, Севастополя и Запорожской области. Для очистки загрязнённых пляжей привлекли более 32 тысяч волонтеров. Последствием разлива нефтепродуктов в море стало то, что многие виды морских животных, в том числе дельфинов и птиц, стали массово погибать, а прибрежные жители — страдать кожными ожогами и респираторными заболеваниями. Кроме этого, затраты на уборку мазута с пляжей и снижение турпотока вызвало падение экономики в регионе. Несмотря на то, что волонтеры убрали большое количества мазута с берега, высокая температура подняла выпавшие на дно фракции на поверхность, а,

следовательно, прибрежные территории стали загрязняться снова. В итоге проблема загрязнения пляжей на Чёрном море является по сей день актуальной [2, 3].

Аналогичный случай произошёл там же в ноябре 2007 года. По причине шторма танкеры «Волгонефть-139» и «Волгонефть-123» получили повреждения, в результате чего 6,8 тыс. т гранулированной серы и около 1,3 тыс. т мазута оказались сброшенными в районах острова Тузла, косы Чушка и северного побережья Таманского полуострова. Для ликвидации последствий было также привлечено около 1200 человек и задействовано более 400 единиц различной техники. Несмотря на то, что после 6 декабря 2007 г. от мазута было очищено более 50 км побережий, содержание нефтяных компонентов в воде по отношению к предельно допустимой норме оставалось довольно высоким ещё три года [4].

Для ликвидации аварийного разлива нефтепродуктов используются различные методы, к которым относятся:

- механический;
- химический;
- физико-химический;
- термический;
- биологический [5, 6].

Механический способ, как самый распространённый, представляет собой сбор разлитых нефтепродуктов механическими приспособлениями. К ним можно отнести:

- боновые заграждения;
- скиммеры;
- рабочие машины (грузовая техника, суда и т.д.);
- вакуумные устройства;
- струи воды под высоким давлением;
- ручную сборку;
- закрытие загрязнённой территории береговым материалом [6, 7].

Боновые заграждения, или так называемые боны, часто применяются для задержки разлитой нефти на поверхности воды и удобства её сбора. Они делаются из материалов, которые могут плавать в воде, а также имеют устойчивость к высоким температурам и химическим воздействиям. Применяются боны только для ликвидации мазута на водной поверхности [6].

Скиммерами называют устройства, которые собирают разлитые на поверхность воды нефтепродукты в накопительную ёмкость. По принципу действия они подразделяются на олеофильные и не олеофильные. Олеофильные скиммеры с помощью материалов, сделанных в виде лент, впитывают в себя нефть и поднимают её с поверхности воды. Далее скребки соскребают с ленты собранный нефтепродукт, после чего тот помещается в отстойник. Там нефть отделяется от воды, которая попала внутрь вместе с ней, и после этого перекачивается в накопительный бак. Такое устройство позволяет без труда собрать толстый слой нефтепродуктов густой консистенции. Однако олеофильные скиммеры не способны впитать в себя слишком жидкие нефтепродукты, которые растекаются по

воде тонкой плёнкой. Не олеофильные скиммеры представляют собой плавающие вакуумные насосы, которые засасывают верхний слой загрязнённой воды. При этом соотношение воды и нефтепродуктов в накопительных баках выше, чем при сборе олеофильными скиммерами. Но если позволяют нормативы, отвечающие за ПДК воды в водоёме, то для эффективности отстоявшуюся воду можно сливать. Ещё одним недостатком является невозможность использовать данное устройство при сильном волнении воды [8].

Использование рабочих машин позволяет собрать разлитую на большой площади нефть как с побережья (например, ковшовыми погрузчиками), так и с поверхности воды (судами). В первом случае процесс сбора нефтепродуктов заключается в том, что снимается верхний загрязнённый слой песка или камней. При этом такими средствами невозможно собрать нефть в тех местах, куда техника не может пролезть из-за своих габаритных размеров — например, в расщелинах между скалами [7].

Что касается уборки нефтепродуктов на поверхности воды, то для этих целей применяют специальные суда, которые собирают нефть, отфильтровывая её от воды. Такой метод целесообразен для начального состояния аварийного разлива. Кроме этого, таких кораблей-нефтеборщиков очень мало, и стоят они очень дорого [6].

В случае, если разлитые нефтепродукты имеют жидкое состояние, то применяют вакуумные устройства. Они способны работать на мелких водах и в условиях сильного шторма. Стоит отметить, что при попадании нефти на скалы или каменистые побережья её сбор при помощи вакуумных насосов затруднителен или невозможен [7].

Смывание нефти с загрязнённой поверхности горячей или холодной водой под высоким давлением может быть целесообразно при уборке каменистых пляжей. Это позволяет убрать нефтепродукт даже между камнями, что позволяет не удалять часть грунта с поверхности пляжа. Нефть таким образом смывается к кромке воды, где она задерживается в боновых ограждениях — и там же собирается при помощи вышеперечисленных устройств. Однако при очистке песчаных пляжей вместе с разлитой нефтью может смыться и песчаная поверхность. Кроме этого, часть нефтепродуктов могут таким образом сильно впитаться в берег, а потому потребуется дополнительная химическая или биологическая обработка, чтобы она смогла быстро уменьшить свои вредные свойства [7].

Ручная сборка является самым распространённым методом, и используют её даже в местах, которые затрудняют уборку техническими средствами. Однако для уборки больших территорий требуется огромное количество персонала, а сам процесс неэффективен по времени. Кроме этого, длительное пребывание человека рядом с нефтепродуктами может оказывать большой вред здоровью. Многие исследования [9, 10] показывают, что в нефти содержатся токсичные вещества (бензол, ацетон, анилин, нитробензол и т.д.), которые при контакте с ними могут вызвать болезни лёгких, кожи, слизистой, пищеварительной системы и т.д., а также психические нарушения. Кроме этого, содержащиеся в нефтепродуктах тя-

желые металлы, такие как свинец, алюминий, кадмий и никель, могут встраиваться в РНК и ДНК живых организмов, что является причиной появления раковых заболеваний у тех, кто часто контактирует с нефтью.

Засыпание загрязнённой территории пляжа береговым грунтом применяется в случае, если аварийный разлив произошёл в зимний период. Благодаря этому часть нефтепродуктов летом выветривается под высокими температурами, а далее, зимой, оставшиеся загрязнения окончательно разлагаются. Это позволяет быстро устранить загрязнение пляжей. Данный метод применяется только при небольших количествах оставшейся на поверхности нефти и на крупногалечных пляжах. В ином случае засыпанные грунтом нефтепродукты будут под высокими температурами выходить наружу по капиллярам. [7]

Химический метод подразумевает применение химических веществ, которые изменяют физические или химические свойства нефтепродуктов, делая их твёрдыми по агрегатному состоянию или нейтрализуя вредные химические соединения. Так, поверхностно-активные вещества помогают отделить прилипшую нефть от камней, а диспергенты разбивают её на мелкие частицы. Такой метод облегчает очистку пляжей от нефтепродуктов, особенно жидких. Но стоит отметить, что различные типы нефтепродуктов по-разному реагируют на химические вещества, что влияет на эффективность химического метода. Кроме этого, есть риск появления вторичного загрязнения пляжей и водоёма [11].

Физико-химический метод сочетает в себе два вышеперечисленных метода и подразумевает химическое превращение нефти в другое вещество, которое в дальнейшем удобно физически удалить с территории пляжей. К этому методу относится применение сорбентов.

Сорбенты – вещества, которые способны поглощать в себя определённые вещества, в том числе и нефтепродукты. Такие материалы могут использоваться как отдельно в виде гранул, так и быть составляющей очистных сооружений, например, фильтрующих бонов. Очень часто сорбенты используют для очистки водной поверхности от нефтепродуктов, но при этом им находят применение и на побережье. После использования они, как правило, собираются и утилизируются безопасным способом. Сорбенты применяют в таком количестве, чтобы абсорбировать все нефтепродукты, но при этом собрать всё без затруднений, так как излишки могут вызвать вторичное загрязнение [6, 7].

Различают 3 вида сорбентов:

- синтетические;
- органические;
- минеральные.

Синтетические сорбенты считаются часто используемыми, так как они производятся из отходов производства, а потому имеют низкую стоимость. Они обладают маленьким весом и способностью плавать на поверхности воды даже после поглощения нефтепродуктов. Ещё одной особенностью является то, что сорбенты можно подвергнуть чистке, что позволяет использовать их несколько раз. В качестве материалов для их изготовления применяются поролон, синтепон, каучук и т.д. Самыми эффективными считаются сорбенты, сделанные из пенопо-

лиуретана или полипропилена. К недостаткам синтетических сорбентов относится сложность их утилизации, так как при их сжигании образуются не менее вредные, чем при горении нефти, вещества, загрязняющие атмосферу. Кроме этого, они, наравне с пластиковым мусором, имеют длительный срок разложения [6, 7].

Органические сорбенты производятся из отходов деревообрабатывающей или сельскохозяйственной промышленности. Это могут быть шелуха зёрен, шерсть животных, опилки, торф. Последнее используется чаще всего. Отличительной особенностью сорбентов является их экологичность, поэтому они могут сгорать без выделения в воздух отравляющих веществ, а также разлагаться быстро и без вреда окружающей среде. Но при этом они имеют низкую абсорбцию, поэтому их используют как вспомогательный материал для ликвидации аварийного разлива [6].

Минеральные сорбенты делаются из материалов минерального происхождения, таких как графит, базальтовые волокна, асбест, стекловолокно и т.д. К недостаткам таких сорбентов относится то, что они обладают тяжёлым весом; возникает сложность их утилизации, а также в природной среде они практически не разлагаются. Поэтому их используют крайне редко [6].

Термический метод очистки заключается в выжигании нефти, разлитой на загрязнённой поверхности. Однако данный подход применяют только тогда, когда нефтепродукт не смешан с водой или другими примесями, а толщина его плёнки не менее 3 сантиметров. То есть термический метод целесообразен лишь при начальной стадии аварийного разлива. Также данный метод нельзя использовать, если рядом со сжигаемым веществом имеются городские поселения или сухая растительность, так как в ином случае может произойти пожар и выделение большого количества вредного дыма [6, 7].

Биологический способ очистки пляжей и морей от нефти (биоаугментация) является передовой на сегодняшний день технологией. Он подразумевает применение выделенных из загрязнённых нефтью почв или полученных в лабораторных условиях определённых культур микроорганизмов, для которых нефтепродукт является их главной пищей. Поедая нефть, они расщепляют его на безвредные вещества, такие как углекислый газ, вода и соли. Отличительным достоинством данного метода является то, что он позволяет очистить моря и берег полностью [6, 12].

При всём этом данный метод имеет свои минусы. С момента внесения в нефть микроорганизмов их численность со временем снижается. То есть, чтобы нейтрализовать большое количество разлитой нефти, вносить бактерии приходится несколько раз. По этой причине данный метод зачастую применяют в качестве завершающей стадии очистки побережья. Кроме этого, на скорость разложения нефти микроорганизмами влияют и климатические условия. Так, бактерии поедают нефтепродукт очень быстро при температуре не ниже 5 градусов по Цельсию, в ином случае их активность снижается в десятки раз [12].

Из описания всех вышеперечисленных методов можно сделать вывод о том, что каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Для уборки мазута на пляжах подойдёт применение рабочих машин, вакуумных устройств, ручного

труда, а также химический, физико-химический и биологический методы. Для каменистых пляжей хорошо подойдет также использование струи воды под большим давлением и засыпание загрязнённого участка береговым грунтом.

Стоит отметить, что те методы, которые имеют высокую эффективность, обязательно требуют присутствия рядом человека. Управление рабочими машинами для уборки загрязнённого грунта, распыление сорбентов на загрязнённом участке, а после удаление их вместе с нефтепродуктом – всё это осуществляется человеком, которому в любом случае приходится находиться рядом с нефтепродуктами. А как было сказано выше, нефть наносит серьёзный ущерб здоровью человека, вызывая у него отравления и тяжёлые заболевания. Что касается биологического метода, то он требует минимум контакта человека с нефтью, но при этом неэффективен в условиях сильной загрязнённости пляжа и низких температур.

При этом можно заметить, что среди широко используемых методов не было упомянуто использование робототехнических устройств. Действительно, роботы, в отличие от человека, не только могут круглосуточно выполнять свою задачу, но и не боятся вредных воздействий, которые могут быть опасны для человека. То есть, роботам не страшны ни влияние химических веществ, ни высокий уровень радиации, они могут работать в подводных глубинах и в условиях космоса. И даже если робот сломается от воздействия вредных факторов, человек останется живым и здоровым — в противовес ситуации, в которой он сам отправляется в ту среду, куда доставлено робототехническое устройство.

Россия пока что не находится среди лидеров по производству робототехнических устройств. Но при этом, в связи с увеличением заинтересованных в робототехнике компаний, особенно отечественного производства, разработка роботов, по крайней мере, развивается. Этому также способствует «Стратегия развития отрасли информационных технологий в РФ на 2014–2020 годы и на перспективу до 2025 года», которая была введена Правительством Российской Федерации в перечень приоритетных направлений технологического развития. На сегодняшний день большой процент применения роботов приходится на промышленную отрасль [13].

Таким образом, робот мог бы помочь ликвидировать аварийный разлив мазута на территории пляжей. Но таких устройств на сегодняшний день не существует (либо же они существуют, но не обладают достаточной мобильностью и экономичностью).

Поэтому актуальной задачей является разработка мобильной роботизированной платформы «Песчаник-02» для очистки пляжей от загрязнений. Данный проект направлен на решение проблемы, связанной с экологической катастрофой в Анапе. Это связано с тем, что уборка мазута с побережья и поверхности воды может затянуться на несколько лет в связи с тем, что часть мазута, которая осела на дне моря, может подняться во время сильного шторма и снова загрязнить пляж [14, 15].

Конечно, работу волонтеров нельзя недооценивать, однако останется ли столько добровольцев, сколько нужно, чтобы решить вопрос с загрязнениями

пляжей в Анапе? Вероятнее всего, часть из них прекратят свою деятельность через полгода-год в связи с психологической усталостью и вредным воздействием мазута на их организм. Тем более что волонтеры не всегда будут находиться в столь благоприятных условиях. Ведь владельцы гостиниц, отелей и просто равнодушные местные жители размещают волонтеров у себя бесплатно, многие кафе и пекарни устраивают для них полевую кухню. Но будет ли это актуально в течение 3-5 лет?

В связи с вышеизложенным более гуманно будет очищать пляжи загрязнённых территорий именно с помощью современных технологий.

Песчаник-02 — робот-уборщик нефтешламов, который поможет решить вопрос снижения затрат и повышения эффективности ликвидации последствий аварийного загрязнения территории нефтешламами, что обеспечивает общественную безопасность, спокойствие и здоровье граждан, а также сохранение экосистемы.

Ценностный аспект решения о создании робота для очистки пляжей заключается в том, что это позволит:

- снизить уровень загрязнения пляжей (устройство будет поддерживать чистоту и безопасность для посетителей);
- улучшить экологическую ситуацию (робот сохранит природные ресурсы и защитит морскую фауну и флору);
- создать образец инновационных решений в сфере экологической ответственности и устойчивого развития.

На сегодняшний день «Песчаник-02» находится в стадии проработки концепции: прорабатывается его конструкция, выбираются различные методы сбора мазута, а также возможность его сбора и транспортировки. Далее будут построены трёхмерные модели и проведены расчёты, которые покажут, насколько эффективна и устойчива мобильная платформа. На основе этого будет сконструирован прототип, который пройдет испытание в реальных условиях.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в настоящее время для ликвидации аварийного разлива мазута на пляжах используется множество методов. Но многие из них либо неэффективны, либо требуют постоянного нахождения человека рядом с нефтепродуктами. К сожалению, роботизированных устройств для очистки пляжей не существует. Поэтому важной задачей является разработка робота, который поможет в ликвидации аварийного мазута на пляжах.

Список литературы:

1. Nanadeinboemi O. A. et al. Environmental and Health Influences of Crude Oil Spills in Niger Delta, Nigeria: Case Study Oporoma Community //Journal of health and environmental research. – 2024. – Т. 10. – №. 2. – С. 29-40.
2. Комарова, Е. Е. Влияние разлива мазута в Черном море на туристическую деятельность в Краснодарском крае / Е. Е. Комарова // Культурный код и креативные индустрии: тренды, методология, эффективные практики : Материалы III Международной научно-практической конференции, Омск, 20–21 апреля 2025 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2025. – С. 191-194.

3. Рахматуллин Н. Р., Санитарно-гигиенические и экологические последствия аварийного попадания мазута в черное море (обзор литературы) / Н. Р. Рахматуллин, Т. К. Валеев // международный научно-практический журнал «эпоха науки». – 2025. – С. 44-50.
4. Кузнецов, А. Н. О результатах трехлетнего мониторинга разлива мазута в Керченском проливе / А. Н. Кузнецов, Ю. А. Федоров, К. А. Заграничный // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 4(164). – С. 90-95.
5. Терехов В. В. Устройство для очистки нефтепродуктов в местах экологических катастроф с прямолинейными одним входным и двумя выходными каналами на основе спирали Архимеда // Наука. Техника. Технологии. – 2024. – №4. – С. 93-99.
6. Захматов В.Д. Локализация и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / В.Д. Захматов, В. А. Онов, Н. В. Щербак // Управления рисками в техносфере. – 2019. – № 2 (50). – С. 64-73.
7. Попов, П. А. Проблемы снижения риска загрязнения нефтью морского побережья / П. А. Попов, К. Б. Тикунов, С. В. Алещенков // Актуальные проблемы регулирования природной и техногенной безопасности в XXI веке : Материалы десятой Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, Москва, 19–21 апреля 2005 года / МЧС России. – Москва: Ин-октаво, 2005. – С. 293-300.
8. Карташов, К. А. Современные технологии по борьбе с разливами нефтепродуктов при грузовых операциях нефтеналивных судов / К. А. Карташов, И. Н. Коберник // Совершенствование проектирования и эксплуатации морских судов и сооружений : сборник статей по материалам XIII студенческой межвузовской научно-технической конференции, Севастополь, 12–14 апреля 2018 года / Севастопольский государственный университет. – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2018. – С. 107-119.
9. Оруджев Р. А. Особенности токсического действия углеводородов нефти на организм человека / Р.А. Оруджев, Р.Э. Джафарова // Вестник ВГМУ. – 2017. – №16 (4). – С. 8-15.
10. Pérez-Cadahía B. Initial study on the effects of Prestige oil on human health / B. Pérez-Cadahía, A. Lafuente, T. Cabaleiro, E. Pásaro, J. Méndez, B. Laffon // Environment international. – 2007. – Т. 33. – №. 2. – С. 176-185.
11. Е. Н. Елизарьева, А. В. Лозов Локализация и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на объектах нефтеперерабатывающего комплекса // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – №10-2 (97). – С. 7-10.
12. Пора оздоравливать Арктику. Биологические способы очистки и восстановления нефтезагрязненных территорий / В. А. Мязин, Л. А. Иванова, А. А. Чапоргина [и др.]. – Апатиты : Издательство ФИЦ КНЦ РАН, 2023. – 94 с.
13. М. В. Ядровская, И. В. Гуринов Исследование актуальности робототехнических технологий // Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don). – 2022. – Т.22 – №4. – С. 353-364.

14. Лаврова, О. Ю. Спутниковый мониторинг мазутного разлива в районе Керченского пролива 15 декабря 2024 г.: предварительные результаты / О. Ю. Лаврова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025. – Т. 22, №1. – С. 327–335.

15. Аладьев, А. П. Отрицательное воздействие нефти и нефтепродуктов на здоровье человека / А. П. Аладьев, Е. В. Коврига // Прикладные вопросы точных наук: материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей, г. Армавир, 20–21 окт. 2017. – г. Армавир, 2017. – С. 149–152.т

16. Аверченкова В.Д. Мобильная роботизированная платформа для очистки пляжей от загрязнений / В.Д. Аверченкова, М.А. Троицкий, А.В. Козачек, А.Г. Дивин // Устойчивое развитие и безопасность: инновационные технологии в науке, производстве и образовании» : материалы Международной научно-практической конференции имени В.И. Вернадского. – г. Тамбов, 2025 г.

Аннотация. Загрязнение морских пляжей мазутом является на сегодняшний день актуальной проблемой, так как это вызывает массовую гибель морской флоры и фауны. Это продемонстрировали события, произошедшие при столкновении танкеров в Керченском проливе в 2007 и 2025 годах. Имеется множество методов очистки пляжей от загрязнений. Механический метод включает в себя использование бонов, скиммеров, рабочих машин, вакуумных насосов, воды под высоким давлением, ручного труда и засыпание загрязнённой зоны береговым грунтом. Однако всё это не позволяет полностью решить данную проблему, так как не везде применим каждый из способов. Химический метод очистки пляжей несёт в себе риск вторичного загрязнения. Физико-химический метод подразумевает использование сорбентов, которые впитывают в себя нефтепродукты. Сорбенты также имеют определённые недостатки. Термический метод рискован при сжигании нефти вблизи жилой территории. Биологический метод неэффективен при нейтрализации толстого слоя нефти. Из всего этого можно сделать вывод, что одни вышеперечисленные методы эффективны, но требует присутствия человека, а другие – наоборот. Поэтому решением будет использование роботов для очистки пляжей.

Ключевые слова: аварийный разлив нефти, очистка пляжей от нефти, механический способ очистки пляжей, химический способ очистки пляжей, физико-химический способ очистки пляжей, сорбенты, биологический способ очистки пляжей, роботы, робототехнические устройства, роботы для уборки пляжей.

Annotation. Pollution of sea beaches with fuel oil is an urgent problem today, as it causes mass death of marine flora and fauna. This was demonstrated by the events that occurred during the tanker collision in the Kerensky Strait in 2007 and 2025. There are many methods of cleaning beaches from pollution. The mechanical method includes the use of booms, skimmers, working machines, vacuum pumps, high-pressure water, manual labor and filling up the polluted area with coastal soil. However, all this does not allow us to completely solve this problem, since each of the methods is not

applicable everywhere. The chemical method of cleaning beaches carries the risk of secondary pollution. The physico-chemical method involves the use of sorbents that absorb petroleum products. Sorbents also have certain disadvantages. The thermal method is risky when burning oil near a residential area. The biological method is ineffective in neutralizing a thick layer of oil. From all this, we can conclude that some of the above methods are effective, but require the presence of a person, while others are the opposite. Therefore, the solution would be to use robots to clean beaches.

keywords. emergency oil spill, cleaning beaches from oil, mechanical method of cleaning beaches, chemical method of cleaning beaches, physico-chemical method of cleaning beaches, sorbents, biological method of cleaning beaches, robots, robotic devices, robots for cleaning beaches.