



УДК 624

## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ И ПОСТАНОВКИ ОБЪЕКТОВ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ



### MONITORING THE STATE AND STAGING OF OIL AND GAS DEVELOPMENT FACILITIES ON THE SHELF

#### Доровский Александр Владимирович

начальник отдела морских изысканий  
ООО «ВолгоградНИИГипрозем»  
Dorovskyi\_1982@mail.ru

#### Твердохлебова Юлия Ивановна

ведущий специалист  
Институт международного образования  
Волгоградский государственный университет  
ro-maschka@mail.ru

#### Твердохлебов Иван Иванович

кандидат геолого-минералогических наук, доцент,  
доцент кафедры региональной и морской геологии  
Институт географии, геологии, туризма и сервиса,  
Кубанский государственный университет  
ivivtv@mail.ru

**Аннотация.** Рассматривается используемая техника и технология инженерно-геологических исследований, по результатам которой даются обоснования постановки и надежности закрепления на морском дне Северного и Среднего Каспия мобильных гидротехнических сооружений.

**Ключевые слова:** инженерные изыскания, батиметрическая съемка, донные грунты, керн, промер.

#### Dorovskiy Alexander Vladimirovich

Head of the department of marine research,  
VolgogradNIIGiprozem LLC. Volgograd  
Dorovskyi\_1982@mail.ru

#### Tverdokhlebova Yulia Ivanovna

Leading specialist  
Institute of International Education Volgograd,  
Volgograd state university  
ro-maschka@mail.ru

#### Tverdokhlebov Ivan Ivanovich

Ph.D. in Geological and Mineral Sciences,  
associate Professor,  
assistant Professor of Regional  
and Marine Geology,  
Institute of Geography, Geology,  
Tourism and Service,  
Kuban state university  
ivivtv@mail.ru

**Annotation.** Examines the technology and technology of engineering and geological research, which provides justifications for the staging and reliability of the anchorage on the seabed of the Northern and Middle Caspian Structures.

**Keywords:** engineering research, bathymetric photography, bottom soils, cores, measurements.

**В** настоящее время на акватории Северного и Среднего Каспия активно ведутся работы по постановке мобильных гидротехнических сооружений и обустройству морских оснований долговременного расположения (рис. 1). Ответственной и сложной операцией является обеспечение постановки и мониторинг объектов освоения нефтегазовых месторождений на проектной точке [1, с. 53].

Для этого в районе постановки объекта проводятся инженерно-геологические изыскания, определяются характеристики слоев грунта морфология дна площадки и др. исследовательские работы. Учитывается сезонное замерзание Северного Каспия и влияние ледовой деятельности на рельеф дна (экзарация).

Одной из особенностей шельфа Каспийского моря, является динамика донных грунтов, в результате чего изменяется их состав, и морфология дна [2, с. 211, 3, с. 25].

Для определения и контроля этих параметров применяется современное оборудование с использованием технологий инженерных изысканий и батиметрической съемки.

Инженерно-гидрографические изыскания включают съемку рельефа дна способом площадного обследования с использованием многолучевого эхолота (МЛЭ) и гидролокатора бокового обзора (ГБО). Обеспечение съемки рельефа дна плано-высотной основой. Калибровку гидрографического оборудования перед началом выполнения работ. Измерение скорости звука и температуры воды для определения поправки за отклонение действительной средней вертикальной скорости звука в воде от расчетной  $\Delta Z_v$ . Обеспечение непрерывными уровнями наблюдениями за колебанием уровня моря в период выполнения работ (оборудование района работ временными уровнями постами). Выполнение контроля качества съемки. Приведение измеренных глубин к среднему многолетнему уровню Каспийского моря – минус 28 м БС (балтийская система высот 1977 г.), осуществляется в камеральный период по данным постоянных и временных уровней постов, действующих в районе работ [4, с. 246; 5, с. 29].

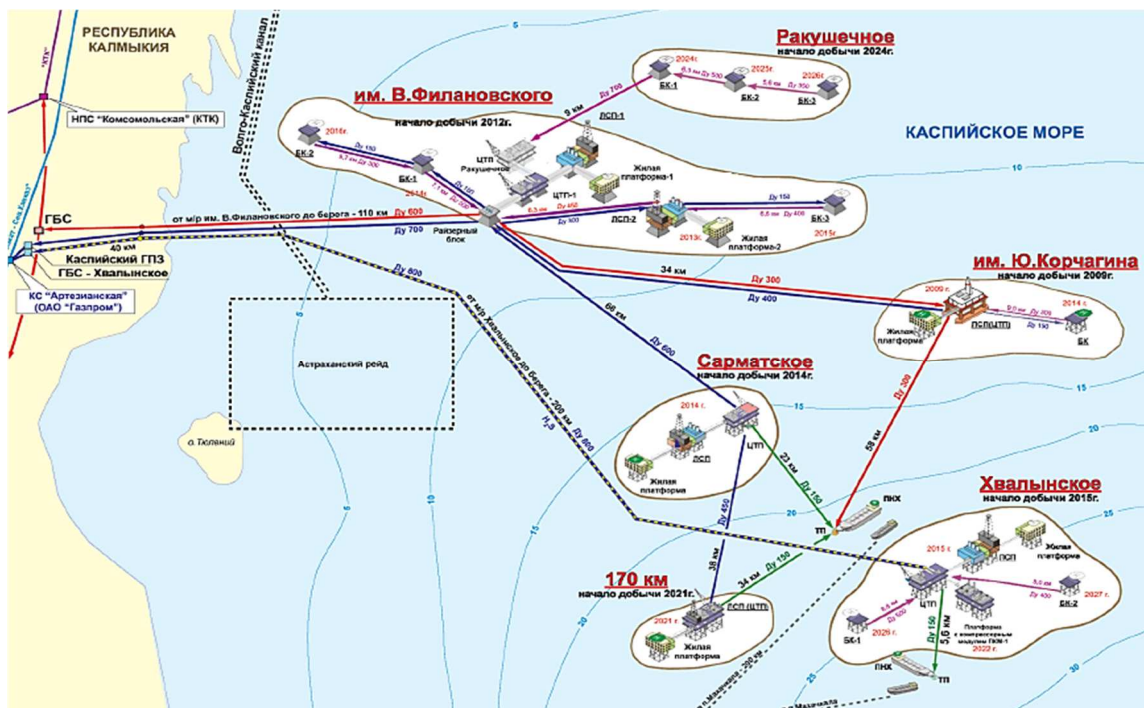


Рисунок 1 – Расположение гидротехнических объектов на месторождениях Каспия

Батиметрическая съемка выполняется многолучевым эхолотом SeaBat T20-P фирмы RESON (Дания). Антенна эхолота закрепляется на штанге у борта судна (рис. 2.)

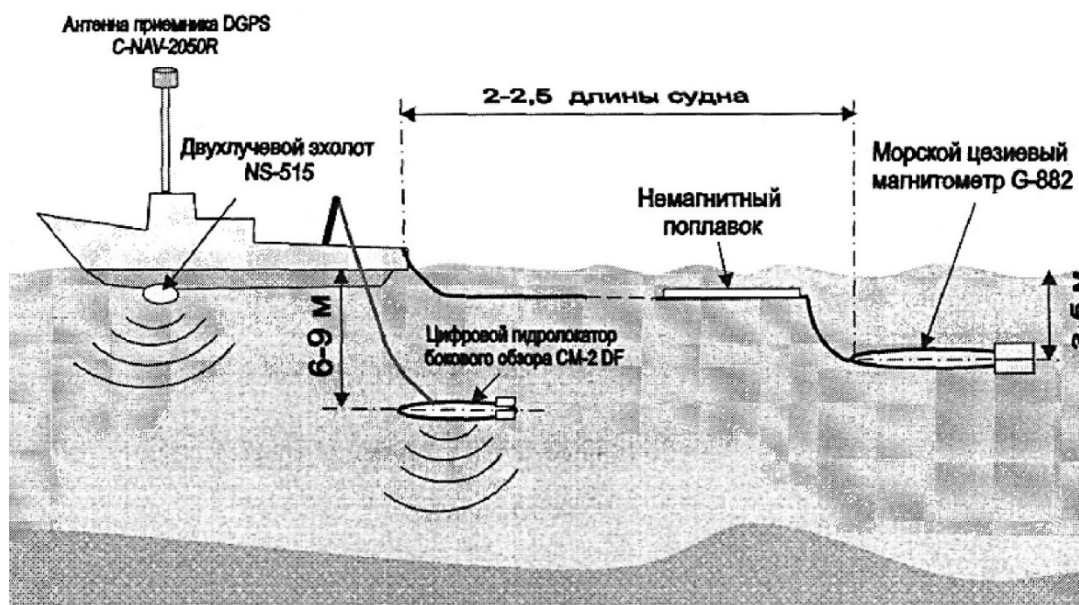


Рисунок 2 – Схема буксировки забортных устройств при проведении инженерно-гидрографических работ

Для определения информации о местоположении, курсе, динамических перемещениях (крен, дифферент и вертикальное перемещение) и скорости судна в процессе выполнения съемки использовалась инерциальная навигационная система (ИНС) Hydrins компании iXBlue (Франция). Для определения скорости звука в водной толще применяется измеритель miniSVP (Valerport, Англия), обеспечивающий зондирование водной толщи до 200 м с измерением скорости звука, температуры и солёности.

Уровенные наблюдения в период выполнения работ осуществляются с помощью автономного регистратора уровня моря TideMaster (Valerport, Англия) установленного в районе работ.

Сбор и обработка данных промера, подготовка отчетных материалов осуществляется программными средствами HYDRACK MAX. HYDRACK MAX – пакет программ, помогающих собирать и обрабатывать данные съемки дна и дноуглубительных работ. В нем содержатся мощные средства для быстрого отоб-



ражения района съемки на экране и для планирования галсов, ввода поправок за уровень и скорость звука, а также создания других файлов, необходимых для получения полных и точных данных съемки.

Во время выполнения съемки в программном пакете HYPACK MAX в режиме реального времени выводятся рабочие окна, с помощью которых оператор выполняет непрерывный контроль качества работы эхолота, системы определения места судна и периферийных датчиков. По результатам промера подготавливаются планшет глубин и батиметрическая карта масштаба 1:5000 (по площадкам 1x1 км) или 1:10000 (по площадкам 3x3 км).

На примере одного из участков, на котором проводились инженерные изыскания, покажем применяемое оборудование и технологию работ.

Исследуемый участок находится на северном склоне Дербентской котловины Среднего Каспия, (Аграханская терраса), на глубинах 450–475 м. Рельеф участка выровненный, абсолютное положение которого –28 м, с пологими перегибами склонов. В пределах его отмечаются два основных простирания склонов. В западной части участка простирание верхней части склона восток-северо-восточное, наибольшие уклоны наблюдаются в направлении на юго-юго-восток. Выделяются несколько ступеней, разделенных участками относительно больших уклонов. Ступени находятся на глубинах 450–454 м, 460–464 м и имеют, как и разделяющие их уступы, северо-северо-восточное простирание. Уклоны в пределах ступеней составляют 0–0,2°, на разделяющих их участках возрастают до 0,5°, а местами – до 0,7°.

В восточной части участка верхняя часть склона имеют уклоны порядка 0,1–0,3° на юго-запад. В нижней части склона, на глубинах 465–467 м наблюдается терраса. Такой же юго-западный уклон отмечается и в юго-западной части участка, но здесь уклоны возрастают до 0,4–0,6°.

Терраса на глубинах 460–464 м, на которой находится предполагаемое месторасположение мобильного гидротехнического сооружения, с востока ограничена широкой ложбиной, восточный борт которой имеет крутизну до 0,6°. Он прослеживается в виде линеамента, ортогонального склону, и в нижнюю часть последнего. Здесь крутизна восточного борта ложбины достигает 0,7–0,8°. В верхней части склона линеамент прослеживается менее уверенно, в связи с небольшими в целом уклонами. Ложбина прослеживается вниз по склону до западины с глубинами 470–471 м, вытянутой параллельно подножию склона.

У южного края террасы, на расстоянии порядка 1 км от точки расположения МГС, углы наклона дна на протяжении 300 м постепенно возрастают до 1,5° и вновь уменьшаются до 0–0,1° на дне западины. С юга западина ограничена небольшим поднятием. На бортах западины отмечены максимальные уклоны (до 1,5°) в пределах участка.

Окружающая поднятие западина не несет следов эрозионной деятельности подводных течений. Ложбина у восточного края террасы выше по склону также не является современным врезом. По-видимому, они имеют тектоническое происхождение. Поднятие, скорее всего, представляет собой погруженный блок или часть лежащей ниже террасы, не охваченной съемкой.

В юго-западном направлении от исследованного участка наблюдается пологоступенчатое погружение дна. Оно, по-видимому, отражает дифференцированные тектонические движения. Сегендыкская терраса относится к области современного поднятия с небольшими скоростями 0–2 мм/год. В западной части Дербентской котловины наблюдаются максимальные скорости современных опусканий до 6–8 мм/год, и обследованный район, по-видимому, вовлечен в это погружение.

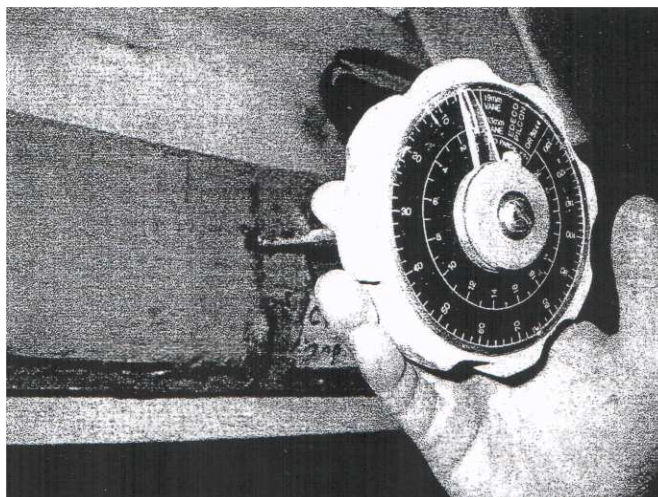
Таким образом, в рельефе обследованного участка прослеживаются простирания, соответствующие как восточному склону Дербентской котловины, так и северо-западному. Предполагаемое место МГС находится в области стабильного склона, на его ступени. Углы наклона дна в районе точки МГС составляют 0,1–0,2°. Активных склоновых процессов не отмечено. С востока к ступени прилегает тектоническая депрессия с более крутым восточным бортом (на расстоянии от 1 и более км от точки МГС), связанная с линеаментом ССЗ простирания. В настоящее время признаков его активности не наблюдается, однако максимальные углы наклона (до 0,6–0,8°) отмечены на восточном борту депрессии и на ее продолжении у подножья склона. Здесь возможно оплывание неконсолидированных осадков. У южного края террасы на расстоянии более 1 км от точки МГС, где максимальные углы наклона дна достигают 1,5°, также возможно оплывание осадков с заполнением отрицательной формы (западины) у подножья склона и уменьшением вследствие этого углов наклона.

Для изучения литологического состава и физико-механических свойств верхнего слоя осадков района исследования производился отбор проб донных грунтов с борта научно-исследовательского судна (НИС) «Рифт» при глубинах моря 450–469 м. Инженерно-геологические работы на борту судна включали: получение колонок осадков, изучение их состава и физико-механических свойств, фотографирование зачищенных отрезков колонок, парафинирование осадков во вкладыше. На борту судна были определены: влажность и плотность натурального осадка; сопротивление вращательному сдвигу (настойной крыльчаткой); пористость. Цель исследований состояла в получении основных характеристик физико-механических свойств осадков без существенных нарушений их естественного состояния. Для достижения данной цели измерения проводились сразу после извлечения керна из грунтовых трубок.



Последовательность и методика работ состояла в следующем. Керн помещался на специально изготовленный стол. Верхняя часть керна срезалась струной, после чего намечались интервалы опробования. Прежде всего, измерялась прочность осадков, затем плотность (объемная масса) ненарушенного грунта, естественная влажность и консистенция отложений.

Прочность донных отложений измерялась двумя разновидностями крыльчаток (Torvane shear device, Hand vane tester) и карманным пенетрометром. С помощью крыльчатого зондирования определялась прочность на сдвиг ненарушенного керна. Определение прочности грунтов с помощью пенетрометра удалось определить только для плотных отложений, так как для слабых осадков он оказался не чувствительным. Процесс измерения прочности донных отложений представлен на рисунке 3.



**Рисунок 3** – Измерение прочности породы на сдвиг крыльчаткой Pilcon Hand Vane Tester 19 mm

Используя метод режущего кольца, определялась плотность грунтов ненарушенного сложения, а объемная масса – взвешивание на весах с точностью до 0,02 гр.

Затем после колец объемом от 30 до 50 см<sup>3</sup>, в которых определялась естественная влажность, пробы помещались на 24 часа в сушильный шкаф, и после охлаждения взвешивались на аптекарских весах. Влажность рассчитывалась на абсолютно сухую навеску (за 100 % принимался вес высушенной пробы). Для определения границ текучести использовался конус Васильева. Пластичность фиксировалась путем раскатывания грунта в шнур до начала растрескивания.

Основные результаты набортных измерений показали, что физико-механические характеристики осадков на исследуемом участке отличаются высокой влажностью, низкой плотностью и прочностью, которые обусловлены, вероятно, как высоким содержанием тонкодисперсных глинистых частиц, так и высокой продуктивностью планктона, поставляющего значительную часть органического вещества. Сапропелеподобные слои, обнаруженные в верхних интервалах колонок, по своим свойствам очень напоминают сапропелеподобные отложения в Черном море. Как в Каспийском, так и в Черном море влажность сапропелевых осадков достигает 300 %.

С увеличением глубины залегания осадков наблюдается их закономерное уплотнение и обезвоживание. Опробование ненарушенного керна конусом Васильева показало, что переход грунта в пластичное состояние намечается на глубине 450 см от дна. Плотность отложений на этих глубинах уже достигает 1,7 г/см<sup>3</sup>.

Касаясь ледовой деятельности на изменение рельефа дна, отметим, что для мелководного Северного Каспия с ровным и пологим дном характерна такая форма донного рельефа, как следы выпавивания, которые имеют вид длинных, протяженностью от нескольких десятков метров до нескольких километров, борозд (рис. 4). Вызвана такая деятельность ледообразованием в северной части моря, которое начинается с декабря. Лед сохраняется 2–3 месяца, причем толщина его достигает 50–100 см. Подвижность льда меняется не только от года к году, но и в течение одного сезона. Важную роль в этом играют ветры, которые иногда за несколько дней меняют ледовую обстановку. С ветром связан и дрейф льдов вдоль западного берега моря на юг. В холодные зимы дрейфующие льдины достигают широт Апшеронского полуострова.

Борозды, образующиеся при воздействии на дно торосистых дрейфующих льдов, ориентированы в направлении преобладающих в эти периоды восточных, юго-восточных и северо-западных ветров. Ширина борозд колеблется от нескольких до 50–100 м и более. Встречаются борозды, постепенно расширяющиеся в направлении движения льда.



**Рисунок 4** – Борозды выпаживания на дне Северного Каспия. Вид с вертолёта

Продолжительность существования борозд в илистых грунтах составляет 2-3 года, в песчаном грунте борозды замываются волнением в течение одного сезона [6, с. 31].

Механизм образования борозд следующий. Под воздействием подвижек и дрейфа льда происходит нагромождение ледовых масс друг на друга с образованием торосов. Под тяжестью нагромодившейся массы льда торосы садятся на грунт, происходит дальнейшее накопление масс льда и формирование стамух. Такие стамухи могут внедряться в грунт на глубину до нескольких метров. Глубина их проникновения в грунт зависит от физико-механических свойств грунта, массы стамухи, площади соприкосновения, глубины моря. Оценки средних значений глубины внедрения килей стамух в северной части Каспийского моря, по данным 2002–2003 гг., находятся в диапазоне 0,7–1,0 м, а максимальные значения – 1,3–1,8 м [7, с. 3]. Эти оценки значительно превышают данные эхолотных съемок, полученных в летний период в различных районах замерзающих морей. Обусловлено это обстоятельство тем, что эхолотные съемки выполняются в летний период, после прохождения весенних штормов.

Подводя итог можно отметить, что в условиях интенсивного освоения морских нефтегазоносных структур, постоянное изменение характеристики рельефа дна и глубины моря, особенно ощутимы на мелководье Северного Каспия. В этих условиях, для безопасного ведения работ, требуется постоянный батиметрический мониторинг. Он необходим и с целью обеспечения безопасности эксплуатации трубопроводов путем своевременного выявления и ликвидации возникающих неисправностей, оценки и прогнозирования неблагоприятных процессов и явлений, обуславливающих эти неисправности.

### Литература

1. Карабалин У.С., Ермаков М.М. Эксплуатация морских нефтегазовых месторождений. – Алматы : Эверо, 2004. – 434 с.
2. Курапов А.А., Монахов С.К., Ревякин В.И. Состояние окружающей природной среды в районе проведения поисково-разведочного бурения ОАО ЛУКОЙЛ / в кн. Гидрометеорологические аспекты проблем Каспийского моря и его бассейна. – СПб. : ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ, 2003. – С. 207–216.
3. Доровский А.В. Повышение эффективности процессов поиска, освоения морских месторождений УВ. Технологический форсайт 2.0 / сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Краснодар : Кубанский гос. ун-т; «Вика-Принт», 2016. – С. 25–294.
4. Горбунов О.Н. Инженерно-гидрографические работы как основа маркшейдерского обеспечения при освоении морских ресурсов // Маркшейдерское дело. – 2012. – № 1. – С. 14–19.
5. Ушивцев В.Б. [и др.]. Отчет Каспийского филиала Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (КФ ИО РАН). – Астрахань, 2009. – 41 с.
6. Бухарицин П.И. Особенности ледовых условий на Нижней Волге и Северном Каспии в умеренную зиму 2006 года / Труды международной научной конференции: Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе (Москва, 19–20 октября 2006 г.). – М., 2006. – С. 29–33.
7. Наумов А.К. Морфометрические характеристики ледяных образований Баренцева моря : автореферат. – СПб., 2010. – 12 с.



## References

1. Karabalin U.S., Yermekov M.M. Exploitation of offshore oil and gas fields. – Almaty : Evero, 2004. – 434 p.
2. Kurapov A.A., Monakhov S.K., Revyakin V.I. State of environment in the area of prospecting and exploration drilling of OAO LUKOIL / in book Hydrometeorological aspects of problems of Caspian Sea and its basin. – Saint Petersburg : HYDROMETEO Publication, 2003. – P. 207–216.
3. Dorovsky A.V. Increase of efficiency of processes of search, development of sea deposits of HC. Technological Foresight 2.0 / collection of articles on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists. – Krasnodar : Kuban State University; «Vika-Print», 2016. – P. 25–294.
4. Gorbunov O.N. Engineering and hydrographic works as the basis of the marine resources development surveying support // Surveying. – 2012. – № 1. – P. 14–19.
5. Ushivtsev V.B. [et al.]. Report of the Caspian branch of the Pushkin Institute of Oceanology. P.P. Shirshov Caspian Branch of Institute of Oceanology RAS (KF IO RAS). – Astrakhan, 2009. – 41 p.
6. Bukharitsin P.I. Peculiarities of the ice conditions on the Lower Volga and Northern Caspian Sea in the moderate winter of 2006 / Proceedings of the International Scientific Conference: Extreme Hydrological Events in the Aralo-Caspian Region (Moscow, October 19–20, 2006). – M., 2006. – P. 29–33.
7. Naumov A.K. Morphometric characteristics of the Barents Sea ice formations: author-referenced. – SPb., 2010. – 12 p.