

## **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОЕКТОВ НА КАСПИЙСКОМ ШЕЛЬФЕ**

Монахов С.К., Островская Е.В., Есина О.И., Непоменко Л.Ф., Зубанов С.А.

Ключевым элементом успешной реализации нефтегазовых проектов на море, как и любой другой морской деятельности, является гидрометеорологическая безопасность - состояние защищенности гидротехнических сооружений и транспортных операций от опасных гидрометеорологических явлений. При этом следует отметить, что важны не только штормовые предупреждения, но и обычные прогнозы погоды, изменения которой могут повлиять на планы работ. Особую важность приобретает гидрометеорологическое обеспечение охраны окружающей среды при разведке и разработке морских нефтегазовых месторождений, так как степень воздействия производственных объектов на морскую среду значительно варьирует в зависимости от гидрометеороусловий.

К основным гидрометеорологическим факторам, воздействующим на плавучие буровые установки и стационарные нефтяные платформы, являются ветер, волнение, течения и морской лед [7]. На Каспии, который является бессточным водоемом с неустойчивым водным балансом, этот перечень следует дополнить уровнем моря, испытывающим значительные колебания. Особенно важен учет колебаний уровня моря при разведке и разработке месторождений в мелководной северной части Каспийского моря, средняя глубина которой при современных отметках уровня моря составляет 5 метров, тогда как размах колебаний уровня моря в прошлом столетии составил 3 метра [8]. В этих условиях от состояния уровня моря существенно зависит выбор платформы для разведочного или эксплуатационного бурения.

В настоящее время уровень моря неуклонно снижается (после подъема в 1978-1995 гг.) (рис. 1). В 2013 г. средний уровень моря составил 38 см, что почти на метр ниже по сравнению с 1995 г. В текущем году ожидается снижение уровня моря еще на 5-10 сантиметров. Годовой прогноз уровня моря хорошо оправдывается, однако надежных долгосрочных методов прогноза не существует. По нашему мнению, в ближайшие годы снижение уровня моря продолжится и, возможно, достигнет -28,0 м БС, после чего уровень вновь начнет повышаться.

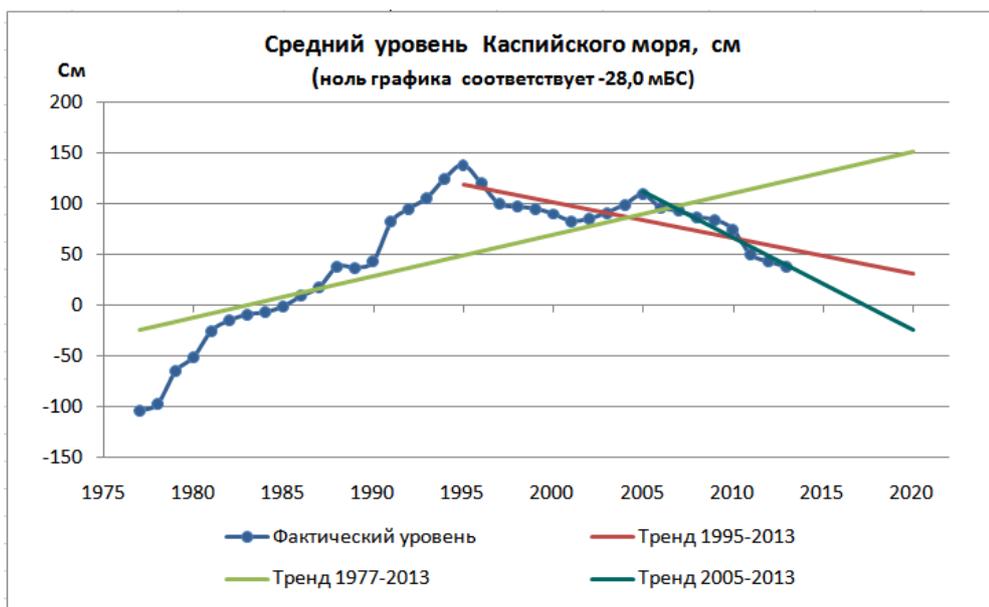


Рис. 1 Изменения уровня Каспийского моря в 1975 – 2013 гг.

### Инженерно-гидрометеорологические изыскания

Краеугольными камнями инженерных гидрометеорологических изысканий всегда были данные гидрометеорологических наблюдений и инженерных расчетов. Массовая компьютеризация добавила еще два «камня» – гидродинамическое и вероятностное моделирование.

Наблюдательная гидрометеорологическая сеть на Каспийском море появилась еще в 19 веке, но в основном сформировалась в 30-е годы прошлого столетия. Пик ее развития пришелся на 50-е и 60-е годы, что отчасти объясняется регрессией уровня моря в период с 1930 по 1977 год. Во время трансгрессии, продолжавшейся с 1978 по 1995 год, политических и социально-экономических потрясений сеть сократилась, но затем вновь стала расширяться, особенно активно на казахстанском и иранском побережье. На российском побережье в настоящее время функционируют 8 пунктов наблюдений (4 станции и 4 поста). При этом по двум пунктам временные ряды имеют 100-летнюю продолжительность (Махачкала и Дербент).

Данные прибрежных наблюдений широко используются для инженерных расчетов, но у них есть один недостаток – они не освещают открытую часть моря. Архив судовых гидрометеорологических наблюдений в открытой части моря не столь обширен и во многом утрачен. Недостаточная гидрометеорологическая изученность открытых частей морей и океанов – это общемировая проблема, которая уже нашла техническое решение, и теперь нужно время, чтобы накопить данные. Таким техническим решением являются автоматические буйковые станции – стационарные, плавучие и ныряющие. Эти приборы широко используются на Каспии специализированными коммерческими предприятиями

при проведении морских инженерных изысканий под нефтегазовые проекты. В основном это донные и буйковые станции, оснащенные профилографами течений (ADSP или RDSP), а также датчиками уровня и волнения, температуры и электропроводности воды. Особую ценность с практической точки зрения представляют данные о течениях и волнении, которые иным способом получить невозможно.

В случаях, когда данных натуральных наблюдений недостаточно для расчета экстремальных гидрометеорологических характеристик, на помощь приходят гидродинамические модели. Используя электронные архивы метеорологических полей, они позволяют рассчитать параметры ветра, уровня моря, волнения и течений применительно к различным гидрометеорологическим ситуациям, количество которых может исчисляться десятками тысяч. Большое количество натуральных и модельных данных с одной стороны затрудняет расчеты, а с другой - делает более обоснованным выбор вероятностных моделей, используемых для определения экстремальных характеристик.

Особую опасность для морских гидротехнических сооружений представляет лед. При проведении инженерных гидрометеорологических изысканий особенно важны оценки времени появления и исчезновения ледяного покрова, границ распространения припая и плавучего льда, его физических характеристик [1, 4]. Несмотря на то, что ледовый покров обычно наблюдается в Северном Каспии, в суровые зимы дрейфующий лед иногда проникает не только в Средний Каспий, но даже в южную часть моря [2]. Известно, что зимой 1953-1954 гг. дрейфующим льдом были повреждены эстакады на Нефтяных Камнях, откуда накануне был эвакуирован персонал и заглушены скважины.

Для нефтегазопромысловых сооружений на Северном Каспии, особенно для трубопроводов, большую опасность представляют стамухи – севшие на мель ледяные глыбы и торосы (рис. 2), которые вновь могут прийти в движение под напором плавучего льда и ветра, и при этом как плуг, вспахивают донные отложения. Начавшееся на рубеже веков освоение месторождений на Северном Каспии совпало по времени с потеплением климата, суровые зимы за это время не наблюдались, но в последнее время зимы год от года становятся холоднее. Поэтому внимание гидрометеорологов к ледовым условиям не ослабевает.

### **Морские гидрометеорологические прогнозы**

Морские гидрометеорологические прогнозы важны для обеспечения гидрометеорологической безопасности морских сооружений и планирования морских работ [7]. Гидрометеорологическое обслуживание российского сектора Каспийского моря осуществляется двумя центрами – Астраханским (зона ответственности - Северный Каспий) и Дагестанским (зона ответственности – Средний Каспий).



Рис. 2 Гряда торосов и стамух в Северном Каспии (фото Л. Непоменко)

Морские гидрометеорологические прогнозы общего пользования и штормовые предупреждения передаются потребителям бесплатно через систему оповещения НАВТЕКС Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ) и включают прогнозы по районам моря и морским портам. Морские гидрометеорологические прогнозы по точкам, маршрутам и с заблаговременностью более трех суток, относящиеся к специализированной гидрометеорологической информации, передаются потребителям за плату. При этом потребитель сам определяет содержание и объем информации, формат ее предоставления – цифровой, печатный, текстовый, графический.

В принципе потребитель, та же нефтяная или сервисная компания, сам определяет и поставщика гидрометеорологических услуг, причем это может быть сделано на конкурсной основе. Но здесь есть два нюанса. Во-первых, в России деятельность в области гидрометеорологии относится к лицензируемым видам деятельности, во-вторых, в соответствии с российским законодательством право на передачу штормовых предупреждений и оповещений принадлежит исключительно организациям Росгидромета.

При подготовке морских гидрометеорологических прогнозов используется прогностическая информация, подготовленная Гидрометцентром России и спутниковая информация, подготовленная НИЦ «Планета», в основном представленная

крупномасштабными картами. Те же карты, но в более мелком масштабе, представлены в открытом доступе на сайте оперативного модуля российской Единой системы информации об обстановке в Мировом океане (рис. 3). Карты фактической погоды в основные и дополнительные синоптические сроки можно найти на сайте ВНИИГМИ.

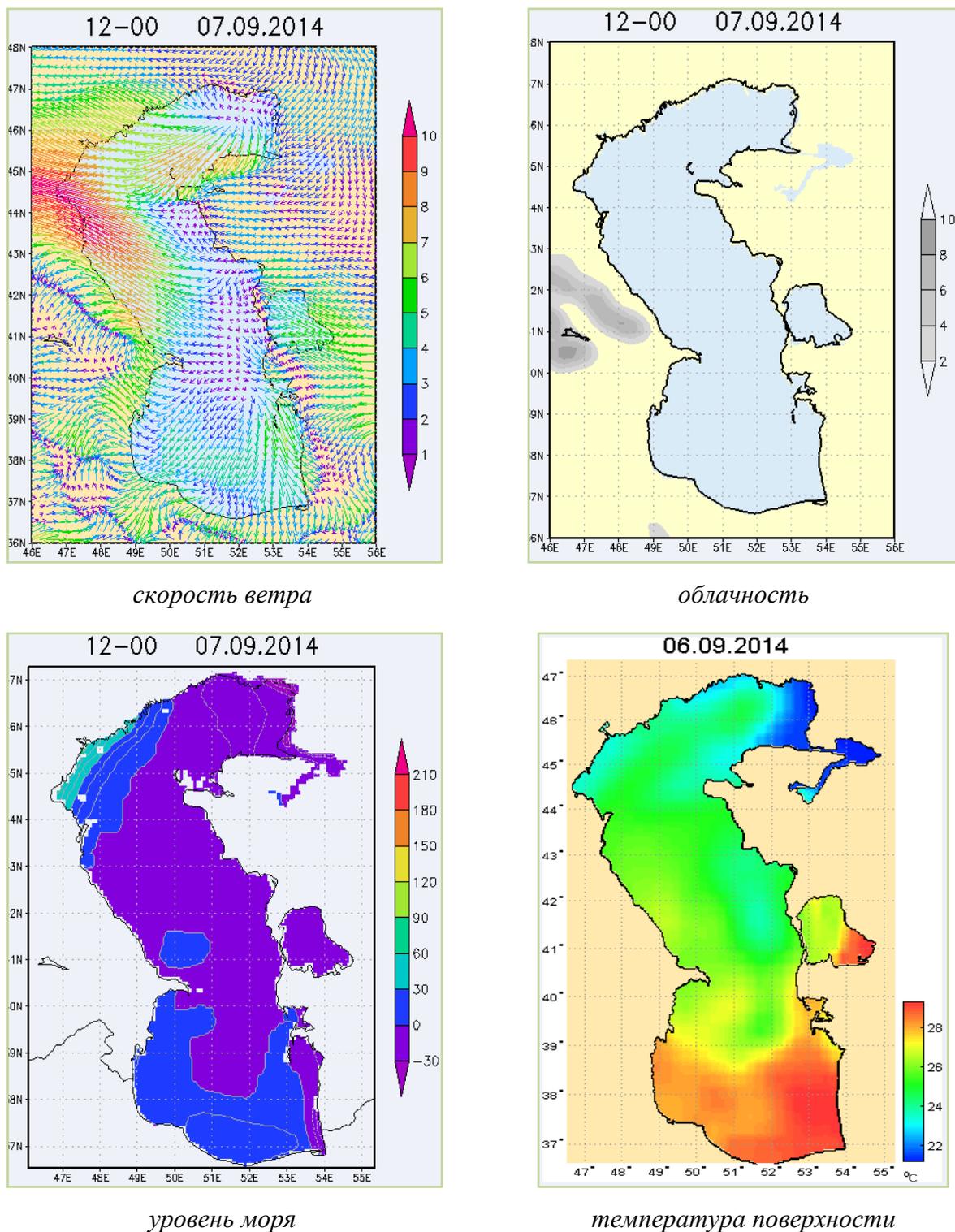


Рис. 3 Прогноз гидрометеорологических условий на 12 часов от 00 часов 7 сентября 2014 (оперативный модуль ЕСИМО: <http://hmc.meteorf.ru/sea/> )

## Гидрометеорологические аспекты охраны окружающей среды

Экологические последствия воздействия производственной деятельности на окружающую среду зависят от гидрометеорологических условий. Рассмотрим ситуацию с аварийными разливами нефти, которые представляют главную угрозу окружающей среды при разведке и разработке нефтегазовых месторождений на морском шельфе. В настоящее время для разработки планов ликвидации аварийных разливов и в случае их возникновения при проведении аварийно-спасательных работ широко используются численные модели аварийных разливов [9, 10]. В России наиболее широкое распространение получила модель SPILLMOD (рис. 4), разработанная в Государственном океанографическом институте [6].



Рис. 4 Пример прогноза распространения и трансформации аварийного разлива нефти

с использованием программного комплекса SPILLMOD

Эта модель предназначена и используется для решения двух основных задач:

- i) моделирование возможных сценариев развития аварийной ситуации с целью разработки стратегии действий и мер по защите окружающей среды;
- ii) оперативный прогноз развития ситуации на основании сведений об источнике аварии и данных гидрометеорологического прогноза.

Важно, что решить эти задачи программный комплекс SPILLMOD может только в случае его интеграции с гидродинамической моделью и при наличии доступа к исходной гидрометеорологической информации, будь то фактические данные, как в первом случае, или прогностические, как во втором случае (рис. 5).



Рис. 5 Применение моделирования для решения различных задач, связанных с аварийными ситуациями

Результатами решения первой задачи, которые учитываются при разработке планов ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН), являются определение зон риска и вероятности поражения акватории, а также вероятности достижения нефтяным пятном берега моря или других уязвимых участков.

Результатом решения второй задачи является определение траектории движения нефтяного пятна, образовавшегося в результате аварии, что позволяет сконцентрировать защитные силы и средства на нужном направлении, повысить эффективность природоохранных мероприятий.

Еще одна проблема особенно актуальна для компаний, лицензионные участки которых примыкают к государственной границе или иной признанной международным правом разграничительной линии, либо к особо охраняемой территории. Это проблема оценки трансграничного переноса загрязняющих веществ [3].

Для решения этой задачи необходимы данные о водообмене и концентрации загрязняющих веществ в воде на разграничительной линии. Для расчета водообмена можно использовать данные наблюдений за течениями, полученные с использованием донных или буйковых станций, или данные гидродинамического моделирования. Концентрация загрязняющих веществ в воде определяется в ходе экспедиционных исследований. Эти данные могут быть также сняты с карт пространственного распределения загрязняющих веществ в пограничной акватории при наличии таковых.

Впервые расчет трансграничного переноса на Каспии был выполнен в 2013 году в рамках [см. статью Монаховой с соавторами в данном выпуске журнала].

Следует подчеркнуть, что в основе различного рода расчетов (инженерных гидрометеорологических изысканий, морских гидрометеорологических прогнозов, моделировании аварийных разливов, оценке трансграничного переноса) лежит одна и та же модель, приспособленная для решения различных задач. Речь идет о разработанной группой Олега Зильберштейна бароклинной со свободной поверхностью модели Каспийского моря, в настоящее время используемой Гидрометцентром России в качестве оперативной модели для прогноза штормовых нагонов на Северном Каспии [5]. В этом качестве модель может использоваться для расчета траектории движения нефтяного пятна, оценки трансграничного переноса и решения других оперативных задач.

### **Международное сотрудничество в области гидрометеорологии Каспийского моря**

20 лет назад, в 1994 году национальными гидрометеорологическими агентствами прикаспийских государств (Азербайджана, Ирана, Казахстана, России и Туркменистана) при поддержке Всемирной метеорологической организации был создан Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря, сокращенно КАСПКОМ ([www.caspcom.com](http://www.caspcom.com)).

В Уставе КАСПКОМ указывается, что КАСПКОМ создан с целью координации, стандартизации, сотрудничества и улучшений в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения Каспийского моря.

В 1997 году КАСПКОМ была принята подготовленная при поддержке ВМО «Комплексная программа по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в регионе Каспийского моря» (КАСПАС), призванная содействовать созданию региональной системы мониторинга и обмена информацией. Основой совместной деятельности национальных гидрометслужб в области гидрометеорологии Каспийского моря является оперативный обмен данными по каналам Глобальной системы телесвязи

ВМО. Кроме того, совместными усилиями в последние годы были реализованы несколько проектов КАСПКОМ, такие как «Генеральный каталог данных об уровне Каспийского моря», охватывающий весь период наблюдений, начиная с 1900 года.

Совместными усилиями членов КАСПКОМ подготовлен проект «Соглашения о сотрудничестве между прикаспийскими государствами в области гидрометеорологии Каспийского моря». Ожидается, что данное соглашение будет подписано в ближайшее время. Его целью является создание и развитие региональной системы получения и обмена информацией о состоянии Каспийского моря в интересах обеспечения безопасности жизнедеятельности и развития экономической деятельности на море.

Постоянным и активным международным партнером КАСПКОМ является Всемирная метеорологическая организация. В настоящее время КАСПКОМ много внимания уделяет расширению сотрудничества с Рамочной конвенцией о защите морской среды Каспийского моря, вступившей в действие в 2006 году. В прошлом году на 18-й Сессии КАСПКОМ, прошедшей в Ашхабаде, был подписан меморандум о взаимопонимании между КАСПКОМ и Тегеранской конвенцией (рис. 6).



Рис. 6 Подписание Меморандума о взаимопонимании между КАСПКОМ и Тегеранской конвенцией, ноябрь 2013, Ашхабад

Перечень проектов, реализуемых КАСПКОМ, постоянно расширяется. К каталогу уровня моря добавились каталоги температуры воды и региональной циркуляции

атмосферы, планируется создание каталогов расчетных и спутниковых данных. Информационные ресурсы КАСПКОМ широко востребованы, их роль в гидрометеорологическом обеспечении разработки и реализации нефтегазовых проектов на Каспийском шельфе с каждым годом будет возрастать.

#### Литература

1. Абузяров З.К., Думанская И.О., Нестеров Е.С. *Оперативное океанографическое обслуживание*. М.; Обнинск: «ИГ-СОЦИН», 2009. – 288 с.
2. Думанская И.О. *Типовые ледовые условия на основных судоходных трассах морей европейской части России для зим различной суровости // Труды ГУ "ГМЦ РФ". - Вып.350. - С.142-166*
3. Курапов А.А., Попова Н.В., Островская Е.В. *Экологическая безопасность нефтяных операций на мелководном шельфе. Международная практика и опыт российских компаний на Северном Каспии*. Астрахань, 2006. – 266 с.
4. Непоменко Л.Ф., Попова Н.В. *Ледовые условия на лицензионном участке «Северо-Каспийская площадь». Обобщенные результаты исследований ледяного покрова Северо-Каспийской площади в 2001-2013 гг.* Lambert Academic Publications. – 2014.- 106 с.
5. Овсиенко С.Н., Вербицкая О.А., Зильберштейн О.И., Шапочкин Д.А., Попов С.К., Ивченко А.А., Зацева С.Н., Лосев В.М., Пурина И.Э., Степанов Ю.А., Жабина И.И., Недачина А.Ю., Бухаров В.М. *Оперативная технология мониторинга и прогноза гидрометеорологических характеристик и параметров аварийных разливов нефти на акваториях морей // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе.- 2005.- Вып.7.- Стр.59-68*
6. *Прогнозирование распространения зоны загрязнения при аварийной ситуации и реконструкция аварийных ситуаций.* URL: <http://oceanography.ru/index.php/instrum/315-2013-07-02-08-51-58#spillmod>
7. *Руководство по гидрометеорологическому обеспечению морской деятельности.* Москва, 2009. – 144 с.
8. Терзиев Ф.С., Монахов С.К., Землянов И.В., Олейник О.В. *Исследования многолетней изменчивости уровня Каспийского моря – подготовка и издание Генерального каталога уровенных наблюдений // Труды Государственного Океанографического Института «Исследования океанов и морей». - Вып. 211.- С.418-424*

9. *Blaikley D.R., Dietzel G.F.L., Glass A.W., Kleef P. J. "SLIKTRAK"- a computer simulation of offshore oil spills, cleanup, effects and associated costs // International Oil Spill Conference Proceedings: March 1977. – Vol. 1977. - No. 1. - P. 45-52*
10. *Wang S.D., Shen Y.M., Zheng Y.H. Two-dimensional numerical simulation for transport and fate of oil spills in seas // Ocean Engineering. – 2005. – Vol.32. – No.13. – P.1556-1571*