

УДК 551.506.2:551.506.51(574)

**ОПЕРАТИВНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ
УРОВНЯ ВОДЫ В КАЗАХСТАНСКОЙ ЧАСТИ
КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

Канд. геол.-мин. наук

Канд. техн. наук

Канд. геогр. наук

Т.К. Кудеков

С.П. Шиварева

Н.И. Ивкина

Т.П. Строева

В статье описан автоматизированный метод прогноза (расчета) краткосрочных колебаний уровня воды в казахстанской части Каспийского моря, основанный на датской технологии MIKE-21. Приведена блок-схема автоматизированного расчета уровня Каспийского моря.

Важнейшим условием развития специализированного гидрометеорологического обслуживания является расширение сети наблюдений, разработка новых методов специализированных прогнозов, позволяющих повысить качество прогноза, форм представления и доведения гидрометеорологической информации ее потребителям.

Атырауская и Мангистауская области являются уникальными для Казахстана морскими регионами, географическое положение которых обязывает заниматься задачами наблюдения и контроля на Каспийском море, разрабатывать и поддерживать работоспособность и эффективность систем предупреждения об опасных метеорологических и морских явлениях. Оперативный сбор информации с постов наблюдения необходим для контроля за состоянием окружающей среды в регионе, составления прогнозов опасных морских явлений и своевременного предупреждения о чрезвычайных ситуациях природного характера. В состав морской сети на Каспийском море входят 7 пунктов, на которых выполняется комплекс стандартных метеорологических и морских гидрометеорологических наблюдений (за уровнем моря, температурой, химическим составом воды, волнением, состоянием льда, скоростью течения и т.д.) (рис. 1). Наблюдения проводятся четыре раза в сутки (00, 06, 12, 18 час по гринвичскому времени). Оперативная информация о гидрометеорологических наблюдениях направляется в Казгидромет и другие заинтересованные организации еже-

дневно в виде закодированных телеграмм (по кодам КН-01, КН-02), в соответствии с планом подачи информации, утвержденным Казгидрометом, по радио или электронной почте.



Рис. 1. Схема расположения пунктов наблюдений и прогнозирования уровня Каспийского моря

При оперативном анализе информации, непрерывно поступающей по имеющимся каналам связи, могут использоваться данные от других систем наблюдения, к примеру, материалы дистанционного зондирования Земли. Но все эти разрозненные во времени и пространстве данные должны увязываться с помощью единой модели состояния моря и атмосферы, построенной на основе непрерывного численного моделирования гидрофизических процессов в морской акватории. Комплексное решение такой задачи облегчается замкнутостью Каспийского моря

На динамику уровня Каспийского моря значительное влияние оказывают изменения аномобарических условий, которые не отличаются устойчивостью; в связи с этим колебания уровня моря (синоптического временного масштаба) бывают ярко выражены. При сгонно-нагонных явлениях аномобарического происхождения, которые могут быть охарактеризованы как длинные волны с периодами от часов до нескольких суток, уровень моря может измениться на 1,5 ... 2,5 м. Особенно опасными являются нагоны в мелководных районах моря с низменным побережьем, на котором они вызывают наводнения. На рисунке 2, в качестве примера, приведен снимок района северо-восточного побережья, сделанный при прохождении штормового нагона в мае 2003 г.



Рис. 2. Затопление 20 км полосы северо-восточного берега Каспийского моря в результате опасного нагона в мае 2003 г. Под водой находится автодорога, видны наносы тростника (фотография П.В. Веселова).

Статистика сгонно-нагонных явлений в северо-восточном Каспии (по данным МГ Пешной) показывает, что в среднем в месяц происходит 3...5 нагонов и 5...6 сгонов воды различной интенсивности. Наибольшая частота и высота нагонов в этой части моря отмечаются обычно весной и осенью. Подъем уровня моря до 1 м возникает при скорости ветра 10...15 м/с и продолжительности от 10...12 часов до 1...2 суток. При сильных ветрах со скоростью 15 ... 25 м/с их высота достигает 1,0...1,5 м и более (рис. 3).

Не меньшую опасность для побережья представляют сгоны воды. При сгонах падение уровня моря в Северном Каспии может достигать 2,5 м (рис. 3). Это приводит к нарушению работы водозаборов, обмелению портовых акваторий и судоходных морских каналов, сокращению площадей нерестилищ и площадей нагула ценных промысловых рыб, в первую очередь – осетровых, изменению ландшафтной структуры прибрежных территорий, опустыниванию прибрежных районов. В открытой, более от-

даленной от берега части моря при значительных сгонах ухудшаются условия для прохода судов, и они идут с недогрузкой.

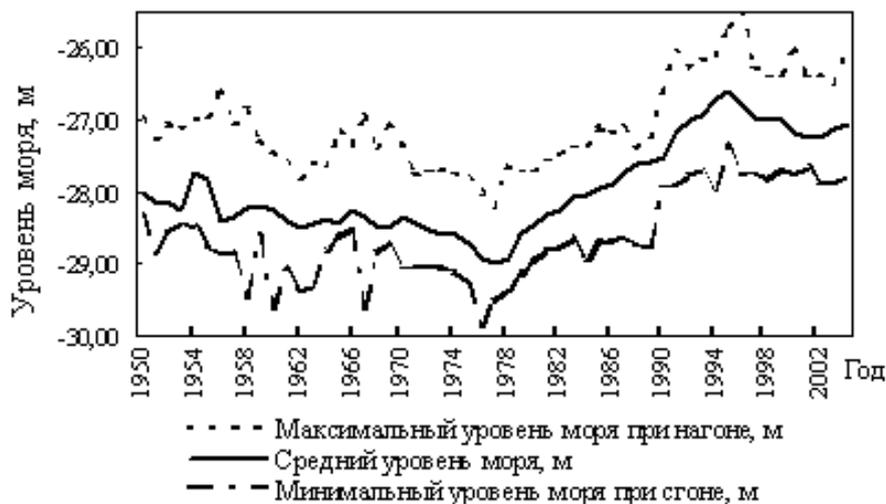


Рис. 3. Колебания уровня Каспийского моря во время сгонно-нагонных явлений.

Изучение трансформации морских нагонных волн в прибрежной зоне и динамики наката на берег представляет как теоретический, так и прикладной интерес. Внимание к практической стороне этих задач обусловлено прежде всего тем, что затопление берега нагонными водами часто вызывает катастрофические последствия. Поэтому при проектировании и защите гидротехнических и гражданских сооружений на одно из центральных мест выдвигаются прогнозы уровня моря, полученные с помощью численного моделирования, которое с развитием вычислительной технологии и численных методов становится все более совершенным.

В настоящее время наиболее подходящей физико-математической моделью изучения процесса наката и отражения волн являются гидродинамические уравнения мелкой воды [1, 3]. Система именно таких уравнений решается гидродинамическим модулем модели MIKE-21, разработанной в Датском гидравлическом институте [5-8] и адаптированной к мелководным условиям Северного Каспия. Эта модель и является структурным элементом технологической линии оперативной системы прогнозирования штормовых нагонов с заблаговременностью до 120 часов.

Система позволяет получать по каналам связи метеорологическую информацию из Европейского Центра среднесрочных прогнозов погоды

(ЕЦСПП, Великобритания), гидрологическую – с казахстанских станций на Каспийском море, обрабатывать ее и в кратчайшие сроки составлять все необходимые прогнозы. Использование метеорологических прогнозов позволяет обеспечить упреждающее моделирование возможных последствий от штормовых нагонов. Данная система успешно внедрена в оперативную практику РГП «Казгидромет», где ежедневно проводится расчет уровня Каспийского моря на основе информации о ветре и атмосферном давлении, поступающей из ЕЦСПП через Интернет в коде GRIB. Общая структура технологии автоматизированного метода прогноза (расчета) уровня моря показана на рис. 4.

Начальный уровень моря определяется по данным наблюдений на сети морских гидрологических станций, поступающим по каналам связи. Если рассчитанный уровень моря достигает отметок, близких к возникновению критических, опасных и особо опасных нагонов и сгонов, выпускается прогноз уровня моря и штормовое предупреждение о сгонно-нагонных явлениях. Форма представления прогноза: текст, график хода уровня на каждый час с заблаговременностью 120 ч., предупреждение о возможных последствиях (затопление, разрушение дамб, ухудшение условий плавания).

Для улучшения качества расчета уровня моря с применением модели нагонов, учитываются ежегодные колебания уровня воды и сезонная специфика. Для этой цели в модель вводятся средние величины основных элементов водного баланса (речной сток и «видимое» испарение) и информация о ледовых условиях.

Для получения более точной оценки речного стока необходимы его фактические данные и среднесрочный прогноз стока заблаговременностью до 5 суток на ежедневной основе. Однако, на момент составления прогноза уровня моря получить такую информацию для Каспийского моря не представляется возможным. Поэтому для ввода в модель величина речного стока определяется как средний сток воды за последние десять лет. Установлены модельные координаты пяти, так называемых, источников (рр. Волга, Урал, Кура, Сулак, Терек и Самур). Объединение стока рек Терек и Самур в один источник обусловлено близким географическим расположением их устьев. В результате проведенных исследований установлены ряды многолетнего речного стока основных рек, впадающих в Каспийское море, при выполнении условия, что дискретность временного разрешения хронологических рядов – один месяц.

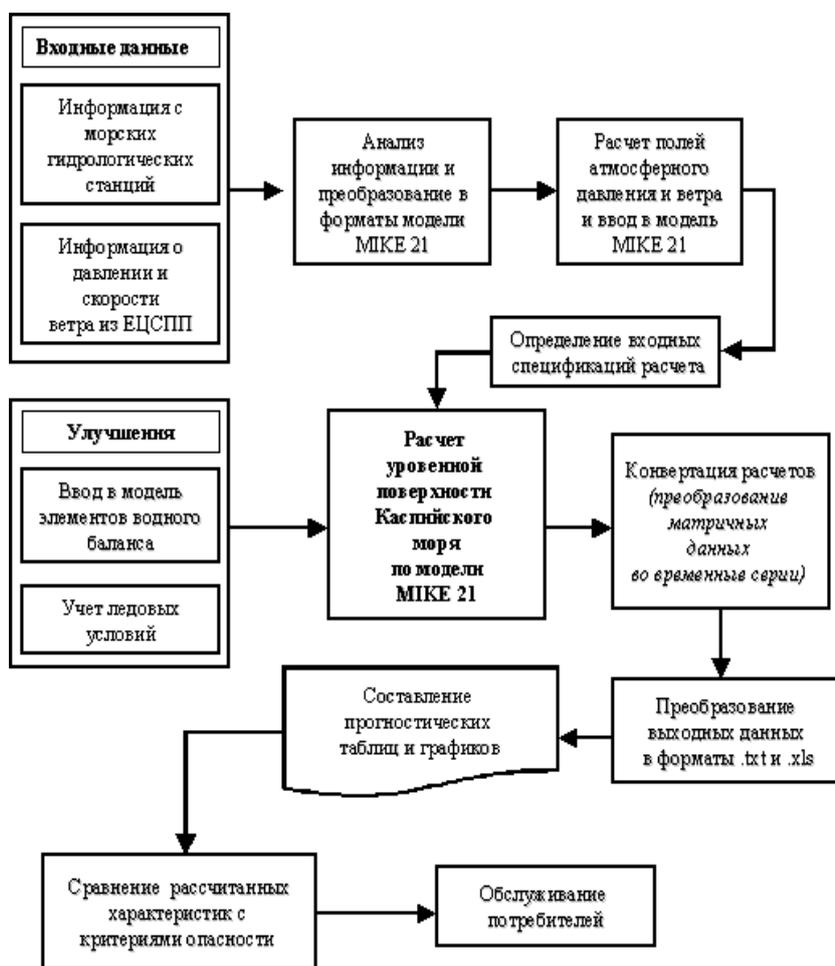


Рис. 4. Блок-схема автоматизированного расчета уровня Каспийского моря.

Очевидно, что ввод в модель только характеристик речного стока приведет к искажению водного уровня. Поэтому следующей задачей по улучшению качества прогнозов уровня моря стал учет в модели рассчитанных величин «видимого» испарения (осадки за вычетом испарения) с поверхности Каспийского моря. Поскольку модель штормового нагона не предназначена для моделирования элементов водного баланса, временные ряды испарения рассчитаны по модели водного баланса, разработанной Робинот Вардлоу (*Robin Wardlaw, 2000*) [7]. В качестве фонового уровня Каспийского моря использовался современный уровень, равный минус 27 м, который в дальнейшем может быть модифицирован [2].

Каспийское море относится к морям с сезонным ледовым покровом и отличается большой неоднородностью развития ледовых процессов из-за различных климатических условий в разных частях моря. В зависимости от особенностей атмосферных процессов, развивающихся над морем, степени аномалий термических условий в предзимье и зимой, на Каспийском море формируется своеобразная для каждого года ледовая обстановка. Ледовый период в Каспийском море охватывает три естественно-синоптических сезона: осень (предзимье) – с октября по декабрь; зиму – с января по март и весну – с конца марта по май [4]. Анализ литературных источников и натурных наблюдений показал, что Северо-восточный Каспий является районом со 100 % вероятностью образования льда в течение холодного периода (рис. 5).

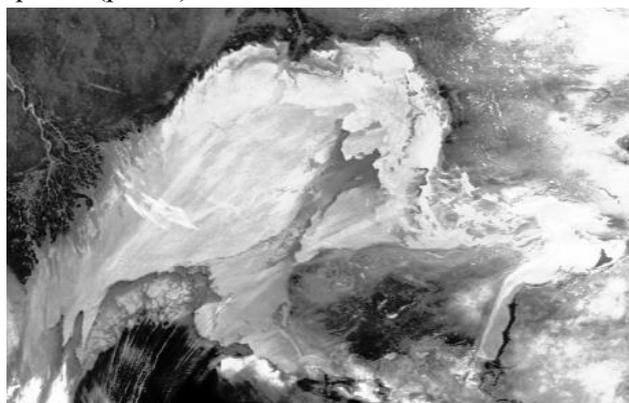


Рис. 5. Ледостав на Северном Каспии (космический снимок со спутника NOAA, 7 февраля 2004 г.)

Не вызывает сомнения, что состояние ледового покрова также необходимо учитывать при моделировании уровня поверхности. Модель MIKE-21 позволяет это сделать, при условии наличия модельных карт ледового покрытия для различных периодов ледообразования и разрушения ледового покрова. При создании таких карт были проанализированы все имеющиеся материалы наблюдений и определены характерные даты изменения ледового покрова. Для этой цели использовались космические снимки за различные годы, а также материалы наблюдений по казахстанским станциям. На основе анализа космических снимков и данных наблюдений средствами MIKE-21 были составлены модельные карты ледовых полей для расчетной сетки с шагом 10 на 10 км и более точные карты Северного Каспия с шагом 2 на 2 км для определенных периодов (рис. 6).

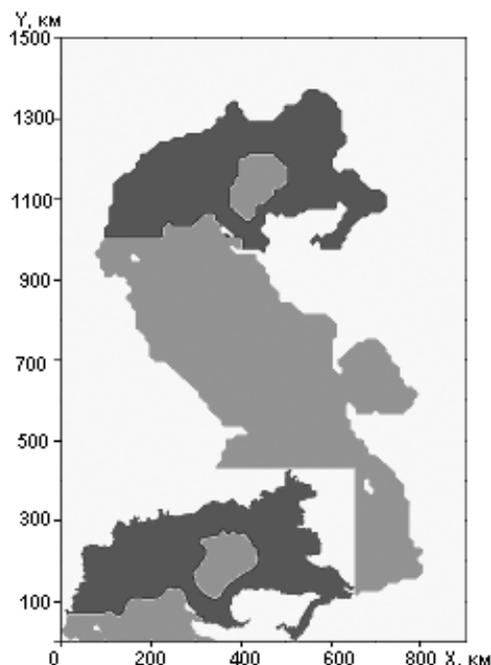


Рис. 6. Модельные карты ледового поля Северного Каспия для расчетных сеток с шагом 10×10 и 2×2 км на период с 1 по 28 февраля для средней зимы.

На рис. 6 приведен пример модельных карт ледового поля Северного Каспия для сеток с шагом 10×10 и 2×2 км на период с 1 по 28 февраля для средней зимы. В оперативном режиме в течение зимнего сезона вводимая в модель карта при необходимости может корректироваться с учетом фактической информации о ледовой обстановке. Учет ледовых условий и основных элементов водного баланса при моделировании позволяет улучшить качество расчетов и добиться хорошего совпадения измеренных и рассчитанных уровней моря.

Как показали результаты оценки точности и эффективности краткосрочных и среднесрочных прогнозов уровня Каспийского моря, оправдываемость автоматизированного метода прогноза на 3 суток в среднем составляет 92 %, на 5 суток – 86 %, и, следовательно, использование метода является целесообразным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивкина Н.И. Опыт применения гидродинамической модели MIKE 21 для прогнозирования сгонно-нагонных явлений на Каспийском море // Гидрометеорология и экология. – 1998. – № 1-2. – С. 105–112.

2. Йенсен Х.Р., Ивкина Н.И., Строева Т.П. Некоторые результаты тестирования системы предупреждения штормовых нагонов на Каспийском море // Гидрометеорология и экология. – 2002. – №1. – С. 93-100.
3. О методике прогноза нагонов на казахстанском побережье Каспийского моря // Шиварева С.П., Ивкина Н.И., Строева Т.П. и др. // Материалы Межд. науч.-практ. конф. «Проблемы гидрометеорологии и экологии». – Алматы: КазНИИМОСК. – 2001. – С. 125-137
4. Оценка условий замерзания мелководной части Каспийского моря / Отчет о НИР, Алматы. – 2002. – 61 с.
5. Skill assessment of an operation hydrodynamic forecast system for North Sea and Danish Belts // Vested H.J., Woge Nielsen J., Jensen H.R. and Bolding Kristensen K. // Quantitative skill assessment for coastal ocean models. – 1995. – Vol. 47. – P. 373-396.
6. Vieira J., Fons J., Kofoed-Hansen H. Statistical and hydrodynamic models for the operational forecasting of floods in the Venice Lagoon // Coastal engineering. – 1993. – Vol. 21, № 4. – P. 301-331.
7. Wardlaw R.B. Caspian Sea water balance studies: model update report. Caspian Environmental Programme (CEP_II, EU funded), Almaty, November 2000. –17 pp.
8. Warren I.R., Bach H.K. MIKE 21 – a modeling system for estuaries, coastal waters and seas // Environmental software. – Vol. 7. – № 4. – 1992. – P. 229-240.

Республиканское государственное предприятие «Казгидромет»

САЗАСТАН БҒЛІГІНДЕГІ КАСПИЙ ТЕҰІЗІНІҰ СУ ДЕҰГЕЙІНІҰ
АУЫТСУЫН БОЛЖАУДЫҰ ОПЕРАТИВТІ ЖҰЙЕСІ

Геол.-мин. Ұлымыд. канд.

Т.К. Құдеков

Техн. Ұлымыд. канд.

С.П. Шиварева

Геогр. Ұлымыд. канд.

Н.И. Ивкина

Т.П. Строева

Мајалада Сазајстан бҒлігіндегі Каспий теҰізініҰ су деҰгейініҰ ауытжуын јысја мерзімге болжаудыҰ (есептеудіҰ), МІКЕ-21 даниялыј технологиясына негізделген автоматтандырылған „дісі сипатталған. Каспий теҰізініҰ деҰгейін автоматты тІрде есептеудіҰ блок-Ілгісі келтірілген.