

**МЕТОД И ТЕХНОЛОГИЯ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА
ШТОРМОВЫХ НАГОНОВ И ВОЗНИКАЮЩИХ ВО ВРЕМЯ НИХ
ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ
В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ АМУРА И В САХАЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ
(ГУ «ДВНИГМИ», авторы – Ю.В. Любицкий, Е.М. Вербицкая);
РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ МЕТОДА**

Прогноз штормовых нагонов и возникающих во время них опасных гидрологических явлений в устьевой области Амура и в Сахалинском заливе является одной из ключевых технологических задач.

Цель работы – создание автоматизированного метода краткосрочного прогноза штормовых нагонов и возникающих во время них опасных гидрологических явлений в устьевой области Амура и в Сахалинском заливе с максимальной заблаговременностью с использованием стандартной оперативной информации.

На гидрологический режим Амура в его устьевой части значительное влияние оказывают такие факторы, как речной сток, разность фонового уровня моря на морских границах устьевого взморья, наличие ледяного покрова, скорость и направление ветра, величина приливной волны, вызывающие сгонно-нагонные и приливо-отливные явления.

Влияние стока Амура на приливной режим Амурского лимана рассматривалось в работе Ю.В. Любицкого [5]. На примере пункта м. Пронге, расположенного на границе устьевого участка и взморья Амура, было установлено, что зависимость приливного режима от стока существует.

Колебания уровня воды Амура у г. Николаевск-на-Амуре имеют годовой цикл и характеризуются существованием двух максимумов и двух минимумов, обусловленных колебаниями речного стока. Первый минимум соответствует зимней межени, второй – летней межени. Максимумы уровня соответствуют весеннему половодью и летне-осеннему паводку.

Приливо-отливные колебания уровня и связанные с ними течения скрадывают квазиустановившийся гидрологический режим устьевой части Амура. Вверх по реке приливы, затухая, распространяются в зависимости от водности реки и проникают до 300 км в период межени.

Для эффективной и безопасной работы отраслей экономики необходимо обеспечение своевременного предупреждения нагонных явлений с большой заблаговременностью. В настоящее время имеется много типов моделей стока, их характер изменяется в широком диапазоне – от простейших точечных моделей до распределительных с десятками параметров и сотнями пространственных элементов, которые в конечном итоге определяют заблаговременность получаемой основы, ее качество и информационную ценность. Большинство этих моделей создано для рек Европейской территории России.

Данное исследование ориентировано на Амурский Лиман, в режиме которого преобладают сгонно-нагонные и приливо-отливные явления. Разрабатываемый метод предназначен для составления краткосрочного прогноза (с заблаговременностью до трех суток) стихийного гидрометеорологического явления, возникающего в устьевой области р. Амур. Это экстремальные штормовые нагоны, вызывающие подтопление хозяйственных объектов в населенных пунктах Озерпах, Нижнее Пронге, Николаевск-на-Амуре, о. Байдуков, а также формирующиеся во время нагонов другие опасные гидрологические явления: волнение моря, взлом припая на материковом побережье Амурского лимана, выход воды на лед на устьевом участке Амура при сплошном ледоставе.

Гидрографическое описание

Амур впадает в Амурский лиман в северной части Татарского пролива между материком и северной частью о. Сахалин. Гидрологический пост в устьевой части Амура расположен у г. Николаевск-на-Амуре на левом берегу в 48 км от устья.

Устьевое взморье Амура представляет собой канал, соединяющий Охотское и Японское моря. Величина речного стока определяет опресненность устьевого взморья, дальность проникновения соленых вод вверх по реке и стратификацию вод взморья. Приливные волны, проникающие в Амурский лиман со стороны как Охотского, так и Японского морей, трансформируются и проникают высоко вверх по реке, оказывая влияние как на скоростной, так и на уровенный режим устьевой области. Сгонно-нагонные явления, создавая дополнительный уклон уровней, в основном, усиливают влияние какого-либо одного из морей.

В табл. 1 приведен список действующих станций и постов в рассматриваемом районе. При нагонах воды выше указанных в табл. 1 отметок в сочетании с сильным ветром и высоким волнением отмечались затопления домов, разнос дров, лодок, повреждение метеорологических площадок и другие неблагоприятные явления (1983, 1994 гг.).

В пос. Пронге 6 октября 1983 года при уровне воды 221 см был разрушен рыбозавод, смыто оборудование, разбит грузовой причал, флот выброшен на берег, повреждены линии связи.

Таблица 1

Список действующих станций и постов в рассматриваемом районе

Пост	Период действия		Уровень моря над нулем поста, см (отметка ОЯ)		Волнение, м	Населенный пункт
	открыт	закрыт	при нагонах выше	при сгонах ниже		
Богородское Амур	1932	действ.	400			с. Богородское
Николаевск Амур	1900	действ.	250			г. Николаевск-на-Амуре, с. Красное, с. Маго, с. Чныррах
о. Байдуков Амурский лиман-	1913	действ.	230	-15	3,0	пос. Байдуков
м. Озерпах	1978	действ.	140	-60		пос. Озерпах
м. Пронге	1913	действ.	140	-15	1,5	пос. Пронге, с. Алексеевка
м. Джаоре	1914	действ.	180	0		пос. Джаоре
м. Лазарева	1957	действ.	210	-30		пос. Лазарев

В результате анализа и обобщения режимного и статистического материалов исторических наблюдений установлено, что в устьевой области Амура экстремальные штормовые нагоны наблюдались в августе–декабре, в другие месяцы они не возникали ввиду значительного развития ледяного покрова или недостаточной циклонической деятельности.

Обоснование метода прогноза

Метод базируется на двумерной нелинейной нестационарной численной гидродинамической модели расчета штормовых нагонов, в которой в качестве вынуждающих факторов используется прогностическая продукция (поля приземного атмосферного давления и ветра) региональной гидродинамической модели атмосферы, адаптированной для прогноза полей метеорологических элементов на территории Дальневосточного региона. При выполнении методических расчетов учитываются сток Амура, фоновые уровни моря прилегающих акваторий Охотского и Японского морей, гармонические постоянные основных волн прилива в береговых пунктах, сведения о ледовой обстановке на устьевом участке Амура, в Амурском лимане и Сахалинском заливе. Заблаговременность прогноза – до 48 ч.

Метод работает полностью в автоматическом режиме. Прогноз составляется два раза в сутки: в сроки 00 и 12 ч ВСВ. В технологию по мере готовности поступает оперативная морская и гидрологическая информация: результаты дешифрирования сведений о наблюдаемых ледовой обстановке на устьевом участке Амура, в Амурском лимане и Сахалинском заливе, величине стока Амура, поступающих по каналам связи с сети Дальневосточного УГМС.

Выходная продукция метода прогноза включает:

- автоматически составленный текст информационного сообщения о результатах прогноза (интенсивность ожидаемого нагона, возможность и время превышения уровнем моря критических отметок в береговых пунктах, сведения об ожидаемой высоте волнения, возможности взлома припая в Амурском лимане и/или выходе воды на лед на устьевом участке Амура при сплошном ледоставе);
- ежечасные и максимальные значения суммарного (наблюдаемого) уровня моря, его нагонной и приливной составляющей в береговых пунктах.

Результаты оперативных испытаний

Штормовые нагоны

Так как значительные штормовые нагоны в устьевой области Амура и в Сахалинском заливе возникают только осенью и в начале зимы, метод прогноза испытывался в период с 10 сентября по 31 декабря 2009 г. За данный период были составлены 164 прогноза.

1) В рамках 145 прогнозов было получено, что в исследуемом районе не ожидается возникновение штормового нагона. Составленное автоматически информационное сообщение имеет вид:

ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

(__ ч ВСВ)

В САХАЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ И АМУРСКОМ ЛИМАНЕ

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ШТОРМОВОГО НАГОНА НЕ ОЖИДАЕТСЯ.

2) Для 18 прогнозов было получено, что в Амурском лимане и Сахалинском заливе возможно возникновение штормового нагона небольшой величины, при этом затопление хозяйственных и жилых объектов не ожидается. Так как штормовые нагоны в исследуемом районе обычно имеют продолжительность несколько суток, составленные прогнозы характеризуют пять штормовых ситуаций (табл. 2).

Штормовые ситуации с продолжительными нагонами в Амурском лимане и Сахалинском заливе

Штормовая ситуация	Количество прогнозов	Максимальная прогнозируемая высота нагона, см						
		Байдуков	Озерпах	Пронге	Джаоре	Лазарева	Николаевск	Москальво
10.09–13.09	4	59	34	47	63	56	22	59
27.10–02.11	7	84	53	68	85	59	34	91
05.11–08.11	3	71	41	49	63	49	26	112
16.11–18.11	2	66	35	36	32	24	–	42
24.11–26.11	2	57	37	38	37	26	–	59

Пример информационного сообщения для прогноза, составленного в 12 ч ВСВ 29.10.2009 года:

ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

ОЖИДАЕМЫЙ ШТОРМОВОЙ НАГОН В САХАЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ И АМУРСКОМ ЛИМАНЕ БУДЕТ ИМЕТЬ ОТНОСИТЕЛЬНО НЕБОЛЬШУЮ ВЕЛИЧИНУ (50–100 СМ).

МАКСИМАЛЬНЫЕ УРОВНИ МОРЯ(ВОДЫ) НАД НУЛЯМИ ПОСТОВ:

О. БАЙДУКОВА 201 СМ

ОЗЕРПАХ 90 СМ

М. ПРОНГЕ 120 СМ

НИКОЛАЕВСК-НА-АМУРЕ 145 СМ

МОСКАЛЬВО 270 СМ

ПРЕВЫШЕНИЕ УРОВНЕМ КРИТИЧЕСКИХ ОТМЕТОК В БЕРЕГОВЫХ ПУНКТАХ НЕ ОЖИДАЕТСЯ.

ОЖИДАЕТСЯ ВОЛНЕНИЕ ВЫСОТОЙ:

В РАЙОНЕ О. БАЙДУКОВА – 1,0–2,0 М,

В АМУРСКОМ ЛИМАНЕ – 0,5–1,0 М.

3) В прогнозе от 00 ч ВСВ 06 ноября 2009 г. указано, что ожидается превышение над уровнем моря критической отметки в пункте Москальво (восточное побережье Сахалинского залива). По прогнозу это превышение должно составлять 2 см и наблюдаться в течение одного часа:

ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

ОЖИДАЕМЫЙ ШТОРМОВОЙ НАГОН В САХАЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ И АМУРСКОМ ЛИМАНЕ БУДЕТ ИМЕТЬ ОТНОСИТЕЛЬНО НЕБОЛЬШУЮ ВЕЛИЧИНУ (50–100 СМ).

МАКСИМАЛЬНЫЕ УРОВНИ МОРЯ(ВОДЫ) НАД НУЛЯМИ ПОСТОВ:

О.БАЙДУКОВА 245 СМ

ОЗЕРПАХ 73 СМ

М.ПРОНГЕ 99 СМ

НИКОЛАЕВСК-НА-АМУРЕ 134 СМ

МОСКАЛЬВО 352 СМ

ОЖИДАЕТСЯ ПРЕВЫШЕНИЕ УРОВНЕМ КРИТИЧЕСКИХ ОТМЕТОК И ПОДТОПЛЕНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ПУНКТАХ:

МОСКАЛЬВО 12. 6 -12. 6,

НА УЧАСТКАХ АКВАТОРИИ, СВОБОДНЫХ ОТО ЛЬДА, ОЖИДАЕТСЯ ВОЛНЕНИЕ ВЫСОТОЙ:

В РАЙОНЕ О.БАЙДУКОВА - 1,0-2,0 М,

В АМУРСКОМ ЛИМАНЕ - 0,5-1,0 М.

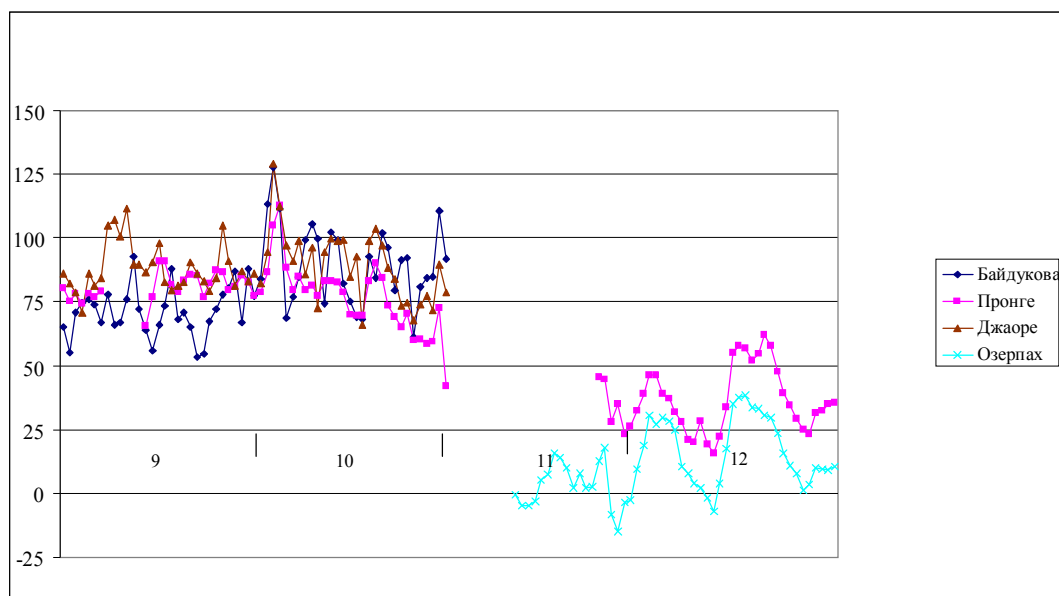
НА ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКАХ МАТЕРИКОВОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

АМУРСКОГО ЛИМАНА ВОЗМОЖЕН ВЗЛОМ ПРИПАЯ.

Для оценки качества составленных прогнозов использовались материалы наблюдений на береговых гидрометеорологических станциях и постах Дальневосточного УГМС. По состоянию на 1 марта 2010 года не поступила отчетность со станций Джаоре и Байдуков за декабрь 2009 года.

Оценить качество прогнозов для станции Москальво Сахалинского УГМС не представляется возможным, т.к. наблюдения над уровнем моря в данном пункте не производятся.

Наблюдениями над уровнем моря значительные штормовые нагоны в Амурском лимане не зафиксированы (рисунок). Оперативной информации о возникновении в пределах данного объекта значительных штормовых нагонов с морской береговой сети Дальневосточного УГМС в сентябре–декабре 2009 г., причинивших ущерб хозяйственным организациям и населению, не поступало. Поэтому можно сделать вывод, что в указанный период в Амурском лимане не было случаев формирования значительных штормовых нагонов, не предусмотренных методом прогноза.



Среднесуточные уровни моря в Амурском лимане в сентябре–декабре 2009 г.

Прогноз высоты ветрового волнения

В рамках составленных прогнозов при наличии соответствующих ледовых условий (отсутствие припая на всей акватории Амурского лимана) получен прогноз высоты волнения.

Прогноз высоты волнения составлен для трех штормовых ситуаций, так как 16 ноября 2009 г. и 23–24 ноября 2009 г. волнение не возникало из-за наличия льда. Результаты сравнения высот волн по наблюдениям (измеряются визуально) и полученных по прогнозу приводятся в табл. 3. Высота наблюдаемых волн в Амурском лимане получена по измерениям в пунктах Озерпах, Пронге, Джаоре):

Таблица 3

Высота волнения моря по материалам наблюдений в береговых пунктах и полученная в рамках прогноза

Штормовая ситуация	Район	Высота волн, м	
		по наблюдениям	по прогнозу
10–13 августа 2009 г.	о. Байдукова	1,0	1,0–2,0
	Амурский лиман	0,5–1,5	1,0–1,5
29 октября–2 ноября 2009 г.	о. Байдукова	1,25	1,0–2,0
	Амурский лиман	0,5–1,25	0,5–1,0
6–7 ноября 2009 г.	о. Байдукова	не измерялась из-за наличия льда	1,0–2,0
	Амурский лиман	0,75 (Пронге)	0,5–1,0

Примечание: в пунктах Озерпах и Джаоре наблюдения над волнением не производились из-за наличия льда.

Все прогнозы высоты волнения оправдались (в соответствии с требованиями морских гидрологических прогнозов прогноз считается оправдавшимся, если высота ожидаемого волнения моря в одном и более береговых пунктах, расположенных в пределах некоторого объекта, отличается от фактически наблюдавшейся не более, чем на 30 % от ее действительного значения).

Прогноз взлома припая в Амурском лимане

В четырех прогнозах – от 00 ч ВСВ 05 ноября до 12 ч ВСВ 06 ноября 2009 г. получено, что ожидается взлом припая на отдельных участках побережья Амурского лимана:

ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

ОЖИДАЕМЫЙ ШТОРМОВОЙ НАГОН В САХАЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ И АМУРСКОМ ЛИМАНЕ БУДЕТ ИМЕТЬ ОТНОСИТЕЛЬНО НЕБОЛЬШУЮ ВЕЛИЧИНУ (50-100 СМ).

МАКСИМАЛЬНЫЕ УРОВНИ МОРЯ(ВОДЫ) НАД НУЛЯМИ ПОСТОВ:

О.БАЙДУКОВА 208 СМ

ОЗЕРПАХ 54 СМ

М.ПРОНГЕ 73 СМ

НИКОЛАЕВСК-НА-АМУРЕ 117 СМ

МОСКАЛЬВО 294 СМ

ПРЕВЫШЕНИЕ УРОВНЕМ КРИТИЧЕСКИХ ОТМЕТОК В БЕРЕГОВЫХ ПУНКТАХ НЕ ОЖИДАЕТСЯ.

НА УЧАСТКАХ АКВАТОРИИ СВОБОДНЫХ ОТ ЛЬДА ОЖИДАЕТСЯ ВОЛНЕНИЕ ВЫСОТОЙ:

В РАЙОНЕ О. БАЙДУКОВА - 1,0-2,0 М,

В АМУРСКОМ ЛИМАНЕ - 0,5-1,0 М.

НА ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКАХ МАТЕРИКОВОГО ПОБЕРЕЖЬЯ АМУРСКОГО ЛИМАНА ВОЗМОЖЕН ВЗЛОМ ПРИПАЯ.

Припай (светлый нилас) количеством 2 балла был полностью взломан 5 ноября в пункте м. Пронге. Составленный прогноз оправдался.

В пунктах Озерпах и м. Джаоре взлома припая не было.

Прогноз выхода волы на лед на устьевом участке Амура при сплошном ледоставе

Явление не прогнозировалось и по имеющимся данным наблюдений не возникало.

Заключение

1. В период испытания метода прогноза в Амурском лимане, как по наблюдениям, так и по составленным прогнозам, не были зафиксированы значительные штормовые нагоны, вызывающие затопление хозяйственных и жилых объектов. В этой части метод прогноза можно считать оправдавшимся, так как штормовые нагоны, не предусмотренные методом прогноза, не возникали.

2. Составленные прогнозы высоты волнения моря и о взломе припая 5–6 ноября 2009 года в Амурском лимане полностью оправдались.

Результаты испытаний полностью подтверждают состоятельность концепции и схемы модели прогноза, которая позволяет получать удовлетворительные прогнозы вероятности возникновения нагона. Качество прогноза удовлетворительное ($s/\sigma < 0,8$).

3. Метод, разработанный в ДВНИГМИ Ю.В. Любичким за период испытания показал удовлетворительную оправдываемость и может быть использован в оперативной работе отдела гидрологических прогнозов Хабаровского ЦГМС-РСМЦ.

Технология полностью автоматизирована, ориентирована на использование стандартной оперативной информации о стоке информационных постов из базы АРМ «Гидролога-оперативника», может быть использована для анализа сценариев и вероятного прогнозирования штормовых нагонов.

Работа, выполненная в 2009 году, является подготовительным этапом работ по модернизации, развитию и унификации технологических решений автоматизации краткосрочных прогнозов штормового нагона на акваториях Охотского моря и Сахалинского залива.

Испытания автоматизированного метода прогноза штормового нагона показали, что возможно получение прогнозов удовлетворительного и хорошего качества при условии соблюдения основных ограничений модели.

Важным преимуществом разработанной методики является ее пригодность для применения в прибрежных пунктах.

Рекомендации о внедрении

Технический совет Хабаровского ЦГМС-РСМЦ в своем решении от 24 марта 2010 г., обсудив результаты испытаний метода краткосрочного прогноза штормовых нагонов и возникающих во время них опасных гидрологических явлений в устьевой области Амура и в Сахалинском заливе, одобрил выполненную работу и рекомендовал внедрить метод в оперативную практику отдела гидрологических прогнозов Хабаровского ЦГМС-РСМЦ.

Список литературы

1. РД 52.27.284–91. Методические указания по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрологических и гелиофизических прогнозов.
2. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3. Служба гидрологических прогнозов. Часть I. Прогнозы режима вод суши. – Л.: Гидрометеоиздат, 1962. – 193 с.
3. Рукопись ДВ УГМС: «Отчет о совместной экспедиции в устье реки Амур ДВНИГМИ и Амурской УС с 6 августа по 24 сентября 1978 г.». – Владивосток, 1978. – 486 с.
4. Рукопись ДВ УГМС: Козловский В.Б., Любицкий Ю.В. «Разработать схемы оптимального размещения береговых гидрометстанций и постов на морях СССР». – Хабаровск, 1980. – 44 с.
5. Рукопись ДВ УГМС: Любицкий Ю.В. «Отчет о НИР. Разработать и испытать метод краткосрочного прогноза штормовых нагонов на устьевом взморье р. Амур». – Хабаровск, 1991. – 125 с.