

---

---

**ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ  
И РЕЖИМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

---

---

УДК 551.326.83(556.5+551.4)

**ЛЕДЯНОЙ ПОКРОВ РЕКИ АМУР И ЕГО ВЛИЯНИЕ  
НА РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ**

© 2013 г. А. Н. Махинов, В. И. Ким

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН*

*680000 Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65*

*E-mail: iver@iver.as.khb.ru*

Поступила в редакцию 16.03.2012 г.

Рассмотрены особенности ледового режима р. Амур в среднем и нижнем течении и роль речного льда в разрушении берегов, переносе крупного обломочного материала, размыве дна и перераспределении стока воды между рукавами. Установлены многочисленные и разнообразные следы воздействия ледохода на берега и пойму, а также выявлена активность эрозионных процессов в русле р. Амур в зимний период. Перераспределение стока воды между рукавами р. Амур в районе Хабаровска существенно изменило ледовый режим, который был восстановлен в результате реализации комплекса мероприятий.

*Ключевые слова:* река Амур, речной лед, русло, ледоход, подледная эрозия

**DOI:** 10.7868/S0321059613040081

В Сибири и на Дальнем Востоке России лед играет большую роль в разрушении берегов рек, переносе крупного обломочного материала, размыве дна и перераспределении стока воды между рукавами в разветвленных речных руслах [2, 4, 7, 8]. Низкие температуры воздуха с конца ноября до середины марта, значительные скорости течения и многорукавность русла р. Амур обуславливают своеобразие ледового режима в ее среднем и нижнем течении. Однако особенности ледовых явлений, а также их изменений при переформировании многорукавных русел изучены слабо.

В настоящее время для Амура имеется достаточно большой объем данных, полученных по наблюдениям за ледовыми явлениями на постах Дальневосточного УГМС. Они позволяют дать лишь общую характеристику начала и окончания ледовых явлений, толщины льда для ряда пунктов на всем протяжении реки от верхнего течения до устья (рис. 1). Однако рельефообразующая роль льда на реках Дальнего Востока рассмотрена в небольшом количестве публикаций, среди которых наибольшую ценность представляют результаты исследований, выполненных в 1940–1950-е гг. [13].

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

С 1996 по 2011 г. проведено исследование особенностей строения ледяного покрова и его влия-

ния на берега и дно реки на многорукавных участках русла в нижнем течении Амура, наиболее подробно – в окрестностях г. Хабаровска. Для этого проводилось бурение льда в поперечном сечении от берега до берега на различных по морфологии участках русла. При выборе профилей бурения учитывалось динамическое состояние рукавов реки, у которых различались отмирающие, стабильные и развивающиеся русла. Точки бурения располагались обычно через 5–100 м друг от друга. Проводилось описание характера поверхности льда, торосистости, наличия и толщины слоя шуги, характера включений терригенного материала в лед. Измерялись скорости течения подо льдом с помощью вертушки ГР-55 на каждой вертикали на глубинах 0.2 и 0.8. Работы на реке проводились обычно во второй декаде марта при минимальных уровнях воды и максимальной толщине льда.

В начале лета исследовались морфологические и морфометрические характеристики аккумулятивных и экзарационных форм рельефа, образованных льдом на берегах во время весеннего ледохода. Обследовались берега на излучинах рек, в верхних частях островов и подножья уступов коренных пород. Отмечались направления и размеры ледовых борозд, форма и высота скоплений грунта, образованных от выпахивающей деятельности льда на бечевниках.

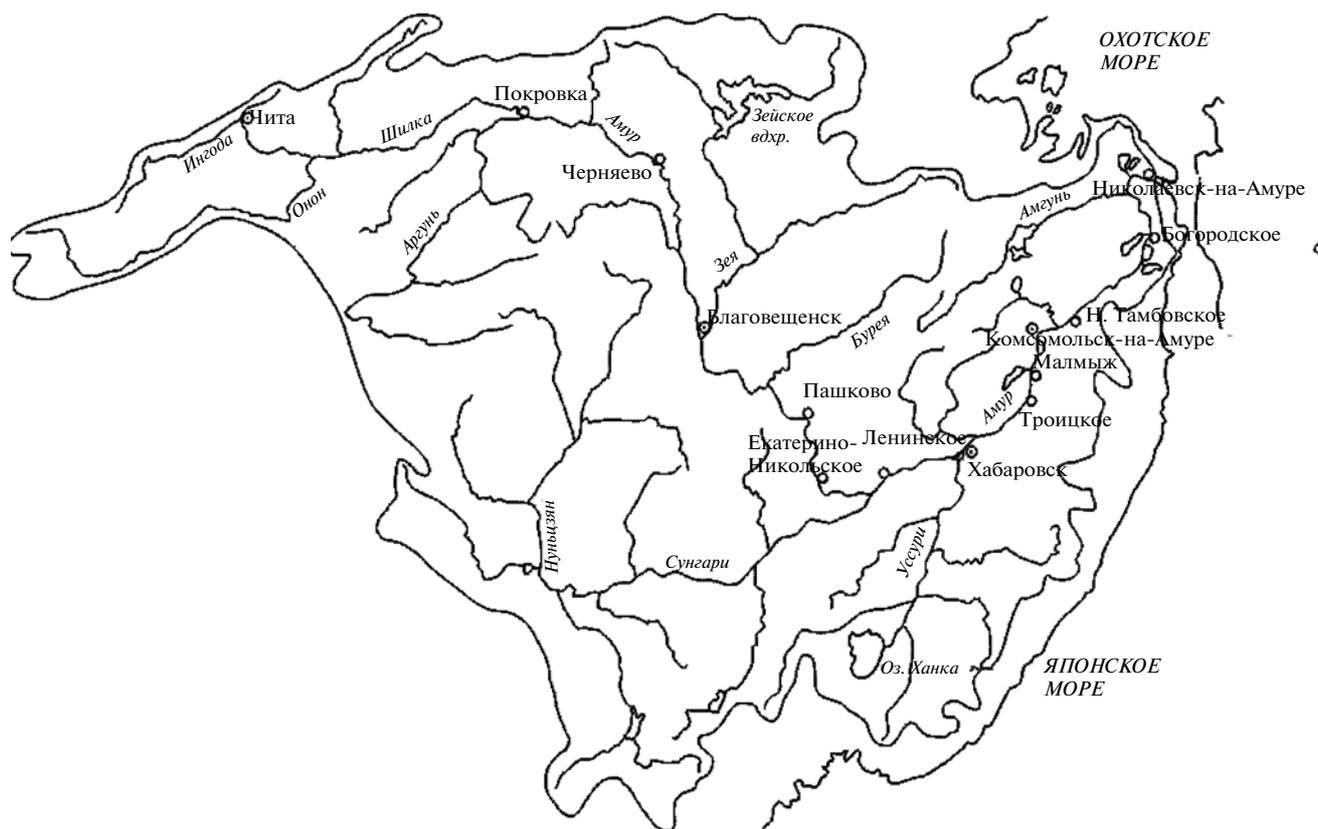


Рис. 1. Карта-схема бассейна р. Амур.

В работе использовались данные наблюдений за ледовым режимом р. Амур на гидрологических постах Дальневосточного УГМС [11].

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА р. АМУР

Амур на участке от с. Черняево (Амурская область) до устья образует огромную излучину, выпуклую к югу, протягивающуюся почти на 2500 км. Начало, продолжительность и окончание ледовых явлений на разных участках реки зависят от влияния притоков, скоростей течения, характера русла и других природных факторов. Однако общая закономерность увеличения продолжительности и усложнения ледовых явлений с возрастанием широты местности проявляется отчетливо (табл. 1). В верхнем течении Амура у с. Черняево (52.8° с.ш.) начало ледостава в среднем приходится на 7 ноября. В низовьях Амура у с. Богородского (52.3° с.ш.) ледостав устанавливается 14 ноября. В среднем течении реки у с. Ленинского (48.0° с.ш.) Амур окончательно замерзает 20 ноября. Продолжительность ледостава: от 177 сут у с. Черняево до

152 сут у Хабаровска и 180–185 сут в низовьях Амура.

Эта закономерность нарушается в самой южной части Амура в районе впадения р. Сунгари на середине огромной излучины. Средняя дата ледостава на участке Амура ниже по течению от устья Сунгари протяженностью 300–350 км наступает на 5–6 сут позже, чем на расположенном выше по течению более южном участке Амура. Существенную роль в этом несоответствии играет сток Сунгари – самого крупного притока Амура, несущего относительно теплые воды из южной части своего бассейна.

В нижнем течении Амура (ниже Хабаровска) устойчивый ледяной покров устанавливается во второй половине ноября при относительно высоких уровнях воды. Осенний ледоход продолжается в течение нескольких дней и проходит при широких заберегах, не воздействуя на берега. Толщина льда к концу зимы достигает 1.1–1.3 м, а в суровые зимы 1.6–1.8 м (табл. 2).

Наиболее торосистый лед образует две основные зоны (рис. 2). Первая приурочена к отмелым участкам, протягивающимся вдоль выпуклых бе-

**Таблица 1.** Характеристики ледовых явлений р. Амур

Пункт	Начало ледостава, дата	Начало весеннего ледохода, дата	Продолжительность ледостава, сут
с. Покровка	07.11	01.05	175
с. Черняево	07.11	03.05	177
г. Благовещенск	14.11	29.04	166
с. Пашково	22.11	25.04	154
с. Екатерино-Никольское	18.11	27.04	160
с. Ленинское	20.11	23.04	154
г. Хабаровск	23.11	24.04	152
с. Троицкое	24.11	27.04	154
с. Малмыж	21.11	29.04	159
г. Комсомольск-на-Амуре	20.11	02.05	163
с. Нижнетамбовское	18.11	03.05	166
с. Богородское	14.11	12.05	179
г. Николаевск-на-Амуре	13.11	17.05	185

регов на излучинах реки или обширных песчаных кос в ее русле. Она формируется на начальной стадии осеннего ледохода вдоль края заберегов. Отдельные обломки льдин толщиной 10–20 см образуют над средней поверхностью льда возвышения на 0.4–0.5 м, которые своей длинной осью направлены параллельно течению реки. Вторая зона расположена над фарватером реки в полосе шириной 70–150 м. Она отличается наибольшей торосистостью, и ее формирование происходит непосредственно перед ледоставом. Обломки льда толщиной 20–30 см составляют хаотические нагромождения, создавая неровную поверхность с амплитудой высот до 1.8 м. Нередко в этой зоне глыбы льда образуют протяженные вдоль течения валы длиной до 20 м и шириной до 5 м. Между этими ледяными валами обычно располагается ровная поверхность льда.

В прибрежной части русла при продолжающемся в течение зимних месяцев падении уровня воды лед ложится на дно реки на большой площади. Нередко ширина русла, в пределах которого лед соприкасается с грунтом, достигает 400 м, а на отдельных участках превышает 1000 м. В результате к нижней кромке льда примерзает слой грунта толщиной до 2–3 см, который весной во время ледохода переносится льдиной на значительные расстояния.

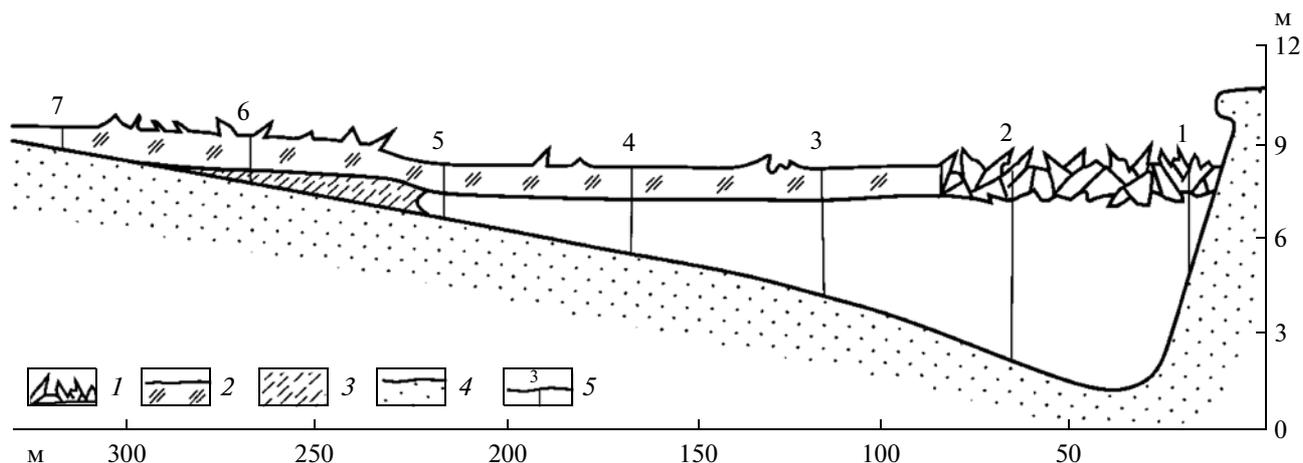
Существуют другие способы включения терригенного материала в речной лед. На берегах Амура широко распространены эоловые процессы. Небольшое количество зимних атмосферных осадков в долине Амура между г. Хабаровском и с. Циммермановка, сильные ветры, сложенные

тонким песчаным материалом высокие береговые уступы и прибрежные косы обуславливают перенос на лед значительного количества песка; его накопления на поверхности льда местами имеют толщину до нескольких сантиметров, протягиваются от берегов реки на сотни метров в виде широких полос, ориентированных по направлению господствующих ветров.

Во время осеннего ледохода происходит также захват галечно-песчаных отложений отдельными обломками торосистого льда при движении его над прибрежными отмелями и осередками. В этих условиях обломки льдин наползают на наиболее мелкие участки реки, перемещая на поверхность других обломков льда донные отложения. Лед, лежащий на косах и осередках, всегда бывает более загрязненным по сравнению с другими участками реки.

**Таблица 2.** Средняя и максимальная толщина льда, м, в нижнем течении р. Амур

Пункт	Средняя толщина льда	Наибольшая толщина льда
г. Хабаровск	1.17	1.48
с. Елабуга	1.08	1.56
с. Троицкое	1.07	1.49
с. Малмыж	1.16	1.49
г. Комсомольск-на-Амуре	1.28	1.88
с. Нижнетамбовское	1.03	1.56
с. Сухановка	1.14	1.39
с. Богородское	1.29	1.81
г. Николаевск-на-Амуре	1.17	1.74



**Рис. 2.** Поперечное сечение р. Амур на излучине и типы ледяного покрова. 1 – сильно торосистый лед, 2 – ровный лед с единичными торосами, 3 – скопления шуги подо льдом, 4 – профиль дна, 5 – положение скважин. Здесь и на рис. 3: 1–7 – номера скважин.

Менее существенную роль во включении терригенного материала в лед играют поднимающиеся массы донного льда и поступление обломков горных пород с крутых склонов в результате обвалов и снежных лавин, активизирующихся в Приамурье обычно в конце зимы.

Изменение толщины льда в поперечном сечении реки зависит от морфологических особенностей русла. На излучинах с асимметричным распределением глубин по ширине реки толщина льда в направлении от крутого берега к пологому постепенно увеличивается до максимальных значений. На прямолинейных участках развивающихся рукавов с равномерным распределением глубин в поперечном сечении русла толщина льда более постоянна и уменьшается на 20–30 см над участками с максимальной скоростью течения.

### РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ ВЕСЕННЕГО ЛЕДОХОДА

Известно, что на реках России речной лед играет заметную роль в преобразовании берегов, разрушая их и аккумулируя отложения [6, 7]. Особенности рельефообразующей роли льда определяются природными условиями территорий, по которым протекают реки.

Рельефообразующая роль движущегося льда на р. Амур наиболее ярко проявляется во время весеннего ледохода. Ледоход начинается в конце апреля и заканчивается в низовьях реки в первой половине мая, его продолжительность на Амуре составляет в среднем течении от 6 до 11, в нижнем 3–5 дней. Это связано с тем, что в среднем течении в Амур впадают крупные притоки

(Зея и Бурей), которые текут с севера на юг. На них вскрытие происходит позже, чем на Амуре в его основном русле.

На изгибах русла образуются нагромождения обломков льда в виде ледовых валов, достигающих высоты 4–5 м. На берегах реки в затененных местах до конца июня сохраняются скопления медленно тающего льда. Местами вдоль обрывистых берегов наблюдаются гряды крупных камней высотой до 1.5 м и протяженностью в сотни метров.

Механическое воздействие льда на берега р. Амур по сравнению с крупными реками Сибири существенно меньше вследствие того, что ледоход на реках Дальнего Востока проходит при низких уровнях воды. Это воздействие проявляется лишь локально – в нижних частях вогнутых излучин реки, перед скалистыми выступами и на берегах молодых островов, расположенных в основном русле. На таких участках наблюдаются короткие валы и отдельные бугры высотой до 1.0 м, состоящие из песчано-суглинистого материала.

Более существенная рельефообразующая роль ледохода выражается в механическом воздействии льда на выветрелые породы подножий обрывистых коренных уступов, подрезаемых рекой, что приводит к отрыву глыб от скальной поверхности и переносу их вдоль берега. Часто при этом образуются гряды высотой до 1.5 м, шириной до 15 м и протяженностью до 300 м. Иногда наблюдается серия более коротких гряд, расположенных кулисообразно.

Самыми кратковременно существующими образованиями, созданными речным льдом в ниж-

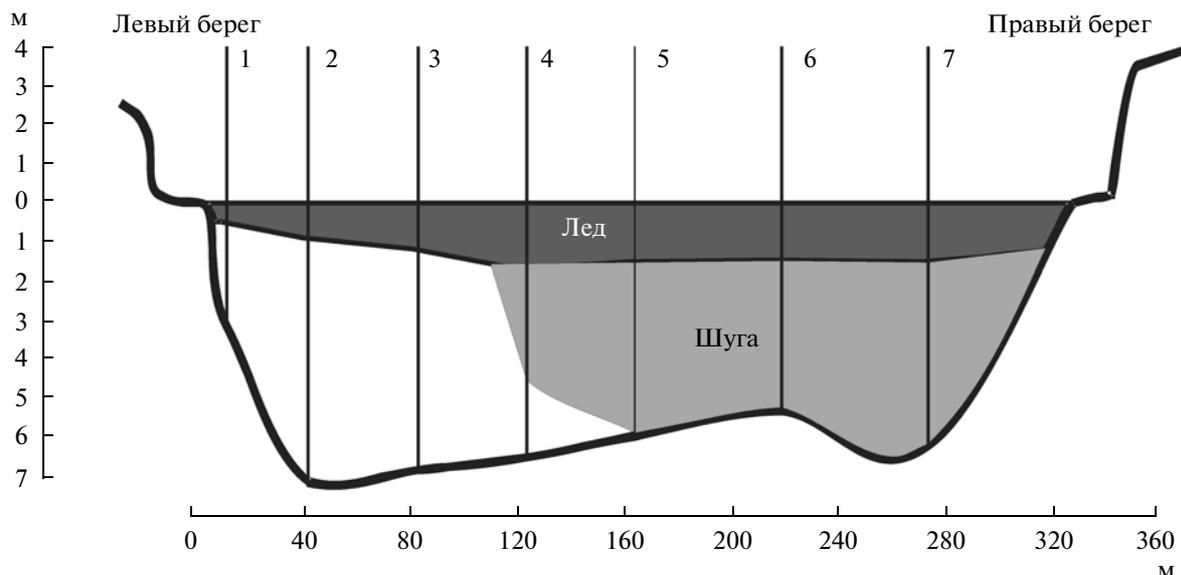


Рис. 3. Скопление плотной шуги в русле протоки Пемзенской ниже полыньи (6 марта 2003 г.).

нем течения Амура, являются следы экзарационной и аккумулятивной деятельности льда на бечевниках, сложенных песчаными и песчано-мелкогалечными отложениями. Они представляют собой борозды глубиной до 0,1 м, шириной до 1 м и протяженностью до 100 м. Обычно ниже таких борозд отмечается наличие бугров неправильной формы размером до 15 × 20 м и высотой до 1,2 м. Нередко наблюдаются крупные валуны, образующие широкие борозды при перемещении их льдом. В отдельных случаях отмечаются штрихи на скальных основаниях бечевников.

На песчаных косах Амура нередко встречаются скопления галечно-валунного материала, принесенного льдом издалека. Они состоят из валунов и неокатанных глыб размером до 0,5 м. Подобные отложения стали широко распространены и на других крупных реках юга Дальнего Востока и получили название “льдинный аллювий” [12].

#### ПОДЛЕДНАЯ ЭРОЗИЯ В РУСЛЕ АМУРА

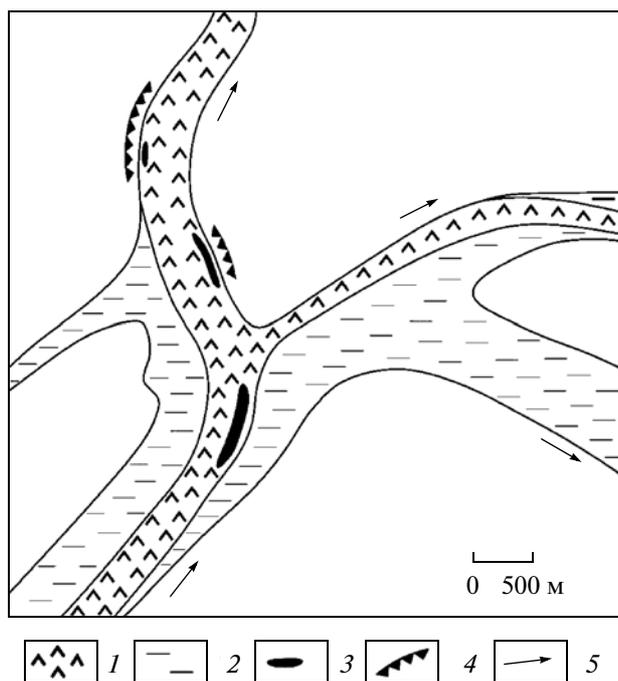
Ледяной покров в развивающихся рукавах реки способствует активизации эрозионных процессов в зимнее время. Как известно, в подледном потоке существенно уменьшаются скорость течения и коэффициент горизонтальной турбулентной диффузии по сравнению с открытым потоком [1]. Однако глубинная и боковая эрозия в русле Амура зимой происходит при достаточно высоких уровнях воды вследствие значительных сбросов крупных ГЭС в русловую сеть Сунгари, Буреи и Зеи. Зимний расход воды в нижнем тече-

нии Амура к настоящему времени увеличился в 4–5 раз со времени до строительства ГЭС с естественным режимом реки [3].

Местами, особенно на участках резкого изменения направления стрежня водного потока от одного берега к другому, скорости течения возрастают до 1,2 м/с. Высокие скорости течения характерны также для крутых излучин реки с большими глубинами у берега. Это обуславливает образование протяженных и широких полыньей, не замерзающих в течение всей зимы. Наиболее крупные полыньи протягиваются обычно вдоль берега непрерывной полосой длиной до 2 км и шириной 150–200 м. Размеры самых маленьких участков открытой воды составляют не более 30 × 80 м.

Постоянно образующиеся в полынье крупные пластины льда (сало и шуга) толщиной 2–3 мм и длиной до 10 см сносятся течением под лед и накапливаются ниже по течению, существенно сокращая площадь живого сечения русла. В отдельных случаях до 50–60% площади поперечного сечения водного потока подо льдом от нижней его кромки до дна бывает заполнено плотно прилегающими пластинами льда, несмотря на большую глубину реки (рис. 3).

Сокращение площади живого сечения русла за счет его частичного заполнения шугой приводит к существенному увеличению скоростей течения в русле подо льдом и к размыву дна реки [10]. На одном из участков р. Амур в этих условиях берег протоки, испытывающей увеличение размеров вследствие перераспределения стока воды в ее



**Рис. 4.** Характер ледяного покрова и положение участков зимнего размыва берегов в разветвленном русле р. Амур в окрестностях г. Хабаровска. 1 – торсистый лед, 2 – ровный лед, 3 – полыньи, 4 – участки размыва берегов зимой, 5 – направление течений.

пользу и наличия больших полыней, подвергался интенсивному размыву на протяжении почти 1 км (рис. 4). Только за январь 2004 г. местами произошло отступление кромки берега на 10–15 м.

Механизм зимней боковой эрозии берегов весьма своеобразен. При глубине промерзания грунта 1.8–2.0 м, высоте береговых обрывов 5–6 м и глубине реки 7–8 м происходит размыв отложений подводного основания и формируется нависающий уступ. Время от времени под действием силы тяжести он обваливается, разбиваясь на блоки шириной 2–3 м и длиной до 8 м. Таким образом, размыв берега происходит подо льдом, а обвалившиеся блоки грунта уходят под лед вдоль его прибрежной кромки и частично попадают на его поверхность. Зимой размыв берега происходит даже в самый холодный месяц сезона (январь), что представляет собой уникальное явление для рек России [10].

#### ДИНАМИКА ЛЕДОВОГО РЕЖИМА В УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РУСЛЕ

Особенно негативное влияние речной лед оказывает на участки берегов, активно используемых при строительстве различных сооружений,

водозаборов, причалов, дорог и других важных хозяйственных объектов.

Амур в районе г. Хабаровска сложно разветвляется, здесь много больших и малых островов. Главное русло образует излучину, кривизна которой постоянно увеличивалась в последние сто лет. Спрямяющая ее Пемзенская протока образовалась около 60 лет назад на месте цепочки узких ложбин и неглубоких озер. Она увеличивалась в размерах и перехватывала все большее количество воды из основного русла Амура. К 2000 г. ее русло расширилось до 400–450 м, а глубины увеличились до 8–10 м. В зимний период по ней проходило 60–65% всего стока Амура, а летом при подъеме уровней на 4–5 м доля стока уменьшалась до 45% [3].

На этом участке перераспределение стока имеет очень сложный характер в результате непрерывных русловых деформаций различной направленности. Отвесные берега этой протоки, сложенные суглинками и супесями, легко размываются водой и разрушаются льдом при ледоходе. Протока интенсивно расширяется при сохранении значительных глубин. Год от года увеличивается живое сечение протоки, следовательно увеличивается и сток воды в ней. Движущийся по протоке лед во время весеннего ледохода значительно разрушает речные берега, способствуя расширению русла.

Бывшее главное русло Амура стало интенсивно заполняться песчаными наносами. Образовались большие острова, между ними – короткие протоки с неглубокими перекатами. К настоящему времени на этом участке русла Амура протяженностью 12 км накопилось около 200 млн т наносов.

Наблюдения, проведенные в окрестностях Хабаровска, свидетельствуют о значительной боковой и глубинной эрозии в Амуре подо льдом. На этом участке реки в течение 2000–2004 гг. происходило наиболее интенсивное перераспределение стока из основного русла в протоку Пемзенскую. Зимний сток воды в ней превышал сток главного русла в 2–3 раза, а скорость течения воды подо льдом достигала величин, при которых происходит размыв дна реки. На входе в протоку скорость течения подо льдом достигала максимальных значений – 1.0 м/с в наиболее глубокой средней части русла и вдоль левого интенсивно размываемого берега (рис. 5).

Перераспределение стока Амура в протоку Пемзенскую привело к тому, что в основном русле Амура у Хабаровска ледостав стал устанавливаться на 10–14 сут раньше, а вскрытие происходит на 3–4 сут позже, чем в протоке. Это оказывает

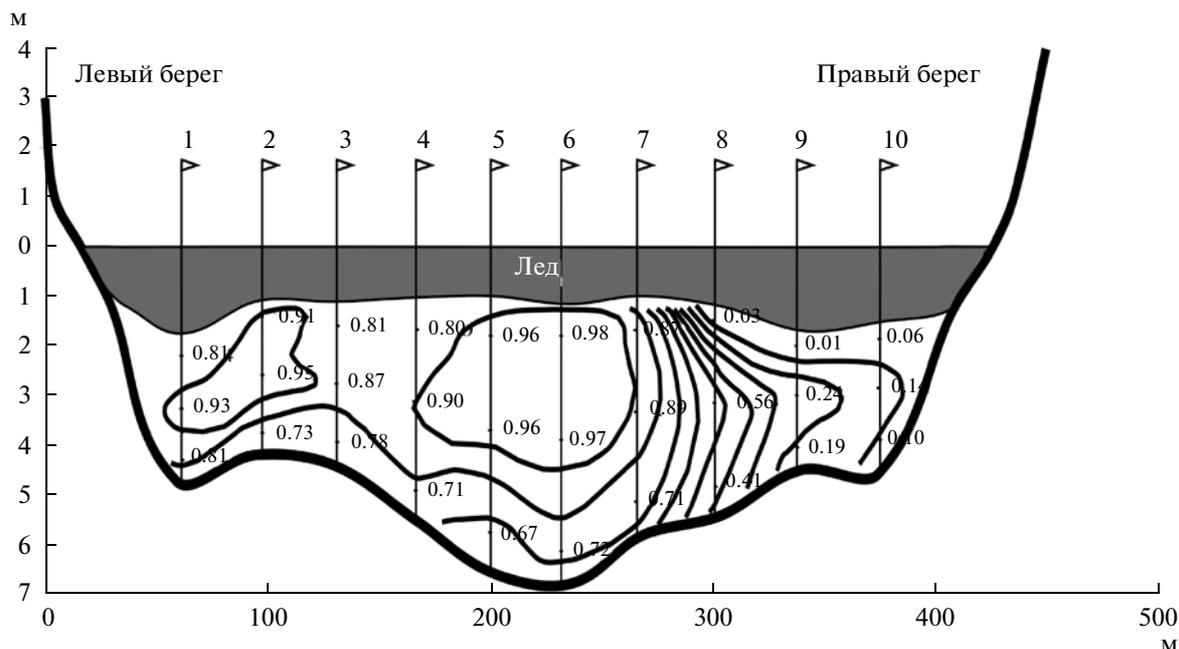


Рис. 5. Распределение скоростей течения воды под льдом в поперечном профиле протоки Пемзенской (22 марта 2001 г.). Изотахи проведены через 0.1 м/с.

негативное влияние на условия для хозяйственной деятельности, прежде всего — судоходства в прилегающей к городу части реки.

В начале 2000-х гг. был разработан проект по защите левого берега Амура от размыва. В нем предусматривалось выполнение комплекса работ, включающих в себя: перекрытие полузапрудами (переливными дамбами) истоков проток Пемзенской и Бешеной, углубление заполненного наносами бывшего основного русла Амура ниже истока протоки Пемзенской, укрепление берегов на наиболее опасных участках с целью защиты их от размыва.

Работы по реализации проекта начались зимой 2004–2005 гг. От левого берега поперек протоки Пемзенской была отсыпана часть дамбы протяженностью около 200 м. Однако сужение русла при мощном стоке воды и значительно возросших скоростях течения обусловило интенсивный размыв дна протоки. Поэтому работы по частичному перекрытию были приостановлены до летнего периода. Размыв дна протоки в ее правой части продолжался в течение всей зимы, и к окончанию ледостава мощность размыва составила около 1.0 м.

Строительство полузапруды в протоке Пемзенской существенно изменило ледовый режим на всем участке Амура около Хабаровска. Весной 2005 г. после частичного перекрытия протоки подвижки льда в ней начались на несколько дней позже, и ледоход прошел на четыре дня позже,

чем в основном русле. Основная роль в изменении ледового режима принадлежит полузапруде, препятствующей движению льда даже в условиях незавершенного строительства [5].

После окончания строительства полузапруды в декабре 2005 г. сток воды в протоке Пемзенской существенно сократился — до 5–10% от общего стока Амура. С весны 2006 г. ледоход на Амуре осуществлялся по основному руслу реки.

Таким образом, в результате строительства переливной дамбы сток воды и ледовый режим Амура в районе Хабаровска были восстановлены. Подледный размыв берегов протоки Пемзенской полностью прекратился. Однако увеличение стока в основном русле Амура обусловило увеличение скоростей течения и активизацию эрозионных процессов на вогнутых излучинах реки. На одном из участков непосредственно вдоль правого берега Амура сформировалась большая полынья, вблизи которой происходит размыв берега в зимнее время.

Лед играет значительную роль в переносе терригенного материала в эстуарии и Амурском лимане. На мелководьях, банках, отмелях островов Воспри и Оремиф в условиях приливов он ложится на дно и захватывает большое количество грунта. Максимальное содержание терригенного материала, включенного в лед таким образом, достигает  $10 \text{ кг/м}^3$  [9]. В результате разрушения ледяного покрова и выноса грязных льдов в Саха-

линский зал. обеспечивается устойчивое равновесие между поступлением и выносом терригенного материала в пределах эстуария Амура и Амурского лимана. Этот фактор наряду с выносом рекой наносов мелких фракций и высокими скоростями течений препятствует формированию надводной дельты в устье Амура.

### ВЫВОДЫ

Многолетний ледовый режим разветвленных на рукава рек характеризуется неустойчивостью вследствие высокой естественной динамики их русел. Антропогенное влияние на перераспределение стока воды между рукавами также вызывает существенное изменение ледового режима рек на их отдельных участках. Ледостав и весенний ледоход на многорукавных участках крупных рек играет существенную руслоформирующую роль. На Амуре он обуславливает перераспределение стока воды между рукавами, активную локальную экзарационную деятельность на берегах и проявление боковой и глубинной эрозии в период зимней межени.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дебольская Е.И.* Динамика водных потоков с ледяным покровом. М.: ИВП РАН, МГУП, 2003. 278 с.
2. *Донченко Р.В.* Ледовый режим рек СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 246 с.
3. *Ким В.И.* Влияние Зейского водохранилища на водный режим р. Амур // Матер. Междунар. науч. конф. "Амур на рубеже веков. Ресурсы, проблемы, перспективы". Хабаровск, 1999. Ч. II. С. 90–91.
4. *Ким В.И., Махинов А.Н.* Ледовый режим р. Амур на участках многорукавного русла // Тр. VI Конф. "Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей". М., 2004. С. 156–158.
5. *Ким В.И., Махинов А.Н., Рыжов Д.А.* Изменение ледового режима р. Амур при строительстве гидротехнических сооружений на участке разветвленного русла // Тр. Всерос. конф. "Ледовые и термические процессы на водных объектах России". Архангельск, 2007. С. 28–31.
6. *Коржуев С.С., Тимофеев Д.А.* Речные бечевники и роль речного льда в формировании их микрорельефа (на примере рек Южной Якутии) // Тр. ИГАН СССР. 1956. Т. 68. С. 86–94.
7. *Малолетко А.М.* О геоморфологической деятельности речного льда // Вопр. географии Сибири. 1953. № 3. С. 93–98.
8. *Махинов А.Н.* Современное рельефообразование в условиях аллювиальной аккумуляции. Владивосток: Дальнаука, 2006. 232 с.
9. *Махинов А.Н., Иванов А.В.* Гляциоморфолитогенез в устьях приливных рек юго-западной части Охотского моря // Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала. Кн. 2. Апатиты: КНЦ РАН, 2001. С. 45–50.
10. *Махинов А.Н., Ким В.И.* Рельефообразующая роль речного льда в нижнем течении р. Амур // Тр. Всерос. конф. "Ледовые и термические процессы на водных объектах России". Архангельск, 2007. С. 34–36.
11. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1986. Т. I. Вып. 19. 410 с.
12. *Нечаев А.П.* Льдинный аллювий горных рек Приамурья // Вопр. географии Приамурья. Хабаровск: ХГПИ, 1967. С. 49–56.
13. *Соловьев И.А.* Русловой процесс и водные пути Нижнего Амура. Владивосток: Дальневосточное кн. изд-во, 1967. 223 с.