

Младова Т. А., Муллер Н. В.
T. A. Mladova, N. V. Muller

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГРАНИЦ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА КОМСОМОЛЬСКА-НА-АМУРЕ

FORECASTING THE BOUNDARIES OF FLOOD ZONES IN THE TERRITORY OF KOMSOMOLSK-ON-AMUR

Младова Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Кадастры и техносферная безопасность» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: vip.mladova@mail.ru.

Tatyana A. Mladova – PhD in Engineering, Associate Professor, Cadastre and Technosphere Security Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: vip.mladova@mail.ru.

Муллер Нина Васильевна – кандидат технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой «Кадастры и техносферная безопасность» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: only_nina@mail.ru.

Nina V. Muller – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Cadastre and Technosphere Security, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). Email: only_nina@mail.ru.

Аннотация. В статье определены границы зон затопления на территории г. Комсомольска-на-Амуре, приведены сведения о максимальных годовых (открытого русла) расходах воды заданной обеспеченности. Расчёты обеспеченности наивысших уровней воды заключались в следующем: в соответствии с максимальным расходом воды строятся корреляционные кривые обеспеченности, по расчётной кривой устанавливается расход воды и формируется соотношение расходов и уровней воды, соответствующее современным гидроморфологическим условиям. Верх кривой уточнялся расходами воды, измеренными в период прохождения экстремального паводка 2013 г.

Summary. The article defines the boundaries of flood zones on the territory of Komsomolsk-on-Amur and provides information about the maximum annual (open channel) water consumption of a given security. Calculations of the security of the highest water levels were as follows: in accordance with the maximum water consumption, correlation curves of security are constructed, the calculated curve is used to determine the water consumption and form the ratio of expenses and water levels corresponding to modern hydro-morphological conditions. The top of the curve was specified by water flow rates measured during the extreme flood of 2013.

Ключевые слова: зоны затопления, устье, расход воды, гидрологический пост, половодье, открытое русло, дамба.

Key words: flood zones, estuary, water flow, hydrological post, flood, open channel, dam.

УДК 539.3

В представленной статье в соответствии с техническим отчётом «Материалы для определения границ зон затопления на территории г. Комсомольска-на-Амуре» приведены сведения о максимальных годовых (открытого русла) расходах воды заданной обеспеченности 0,1, 0,5, 1, 3, 5, 10, 20 % и соответствующие им уровни воды по реке Амур у города Комсомольска, а также приведены сведения о максимальных уровнях воды 1, 3, 5, 10, 25, 50 % обеспеченности по реке Амур в створах озера Мылки, районе устья реки Силинки, посёлка Победа, посёлка им. Д. И. Менделеева.

Экспериментальная наука вместо непосредственного изучения реальных процессов и объектов часто переходит к компьютерным экспериментам, моделированию ввиду отсутствия денег на оборудование, приборы, материалы [2]. В статье представлена работа, исследование параметров которой опирается на действительные данные.

Расчёты обеспеченности наивысших уровней воды заключались в следующем (см. рис. 1).

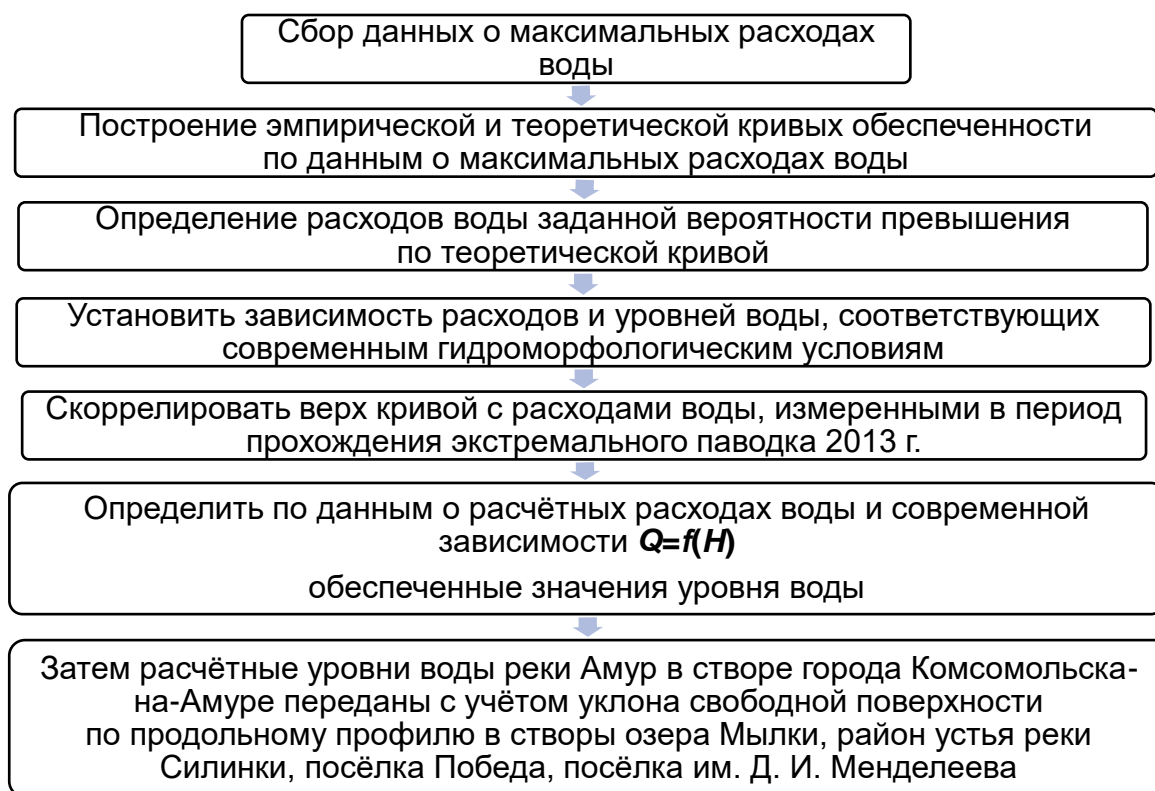


Рис. 1. Этапы расчётов наивысших уровней воды

Была проведена экспертиза уровней воды реки Амур обеспеченностью 1, 3, 5, 10, 25, 50 % реки Амур в створах района озера Мылки, района устья реки Силинки, посёлка Победа, посёлка им. Д. И. Менделеева, рекомендуемых в качестве расчётных для определения границ затопления.

В статье представлены гидрологические данные, предоставленные «Дальневосточным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ДВ УГМС) в 2013 г.

Полученные результаты расчёта максимальных уровней воды хорошо согласуются с расчётными максимальными уровнями, приведёнными в письмах ДВ УГМС за № 13.4-07/1270 от 08 октября 2013 г. и № 13.4-07/1796 от 26 декабря 2013 г. для рассматриваемого участка реки Амур.

Гидрологическая изученность. В гидрологическом отношении Нижний Амур является достаточно изученной рекой. Перечень стационарных гидрологических постов «Дальневосточного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ДВ УГМС) приводится на рис. 2.

Ближайшим действующим гидропостом, на котором ДВ УГМС проводит многолетние наблюдения за уровнями и стоком воды, является река Амур – город Комсомольск, расположенный на левом берегу реки Амур, на 567 км судового хода (см. прим. 1). Для получения уровенных характеристик реки этот пост принят в качестве опорного.

Для анализа гидрологического режима в районе изысканий также были использованы следующие материалы прошлых лет:

– Гидрологические условия р. Амур на участке от устья р. Буреи до г. Комсомольска-на-Амуре, арх. № 716, 2007 г.

– Реконструкция причальных сооружений, акватории затона РОП и водных подходов к ним в г. Комсомольске-на-Амуре, арх. № 1341, 2010 г.

– Оценка изменений русла реки Амур в результате прохождения экстремального паводка 2013 г., арх. № 2689.

– Оценка изменений русла реки Амур в результате прохождения экстремального паводка 2013 г., разработка и внедрение имитационной математической модели реки Амур с целью подготовки рекомендаций по комплексу защитных и руслоформирующих мероприятий на прибрежной территории Российской Федерации.

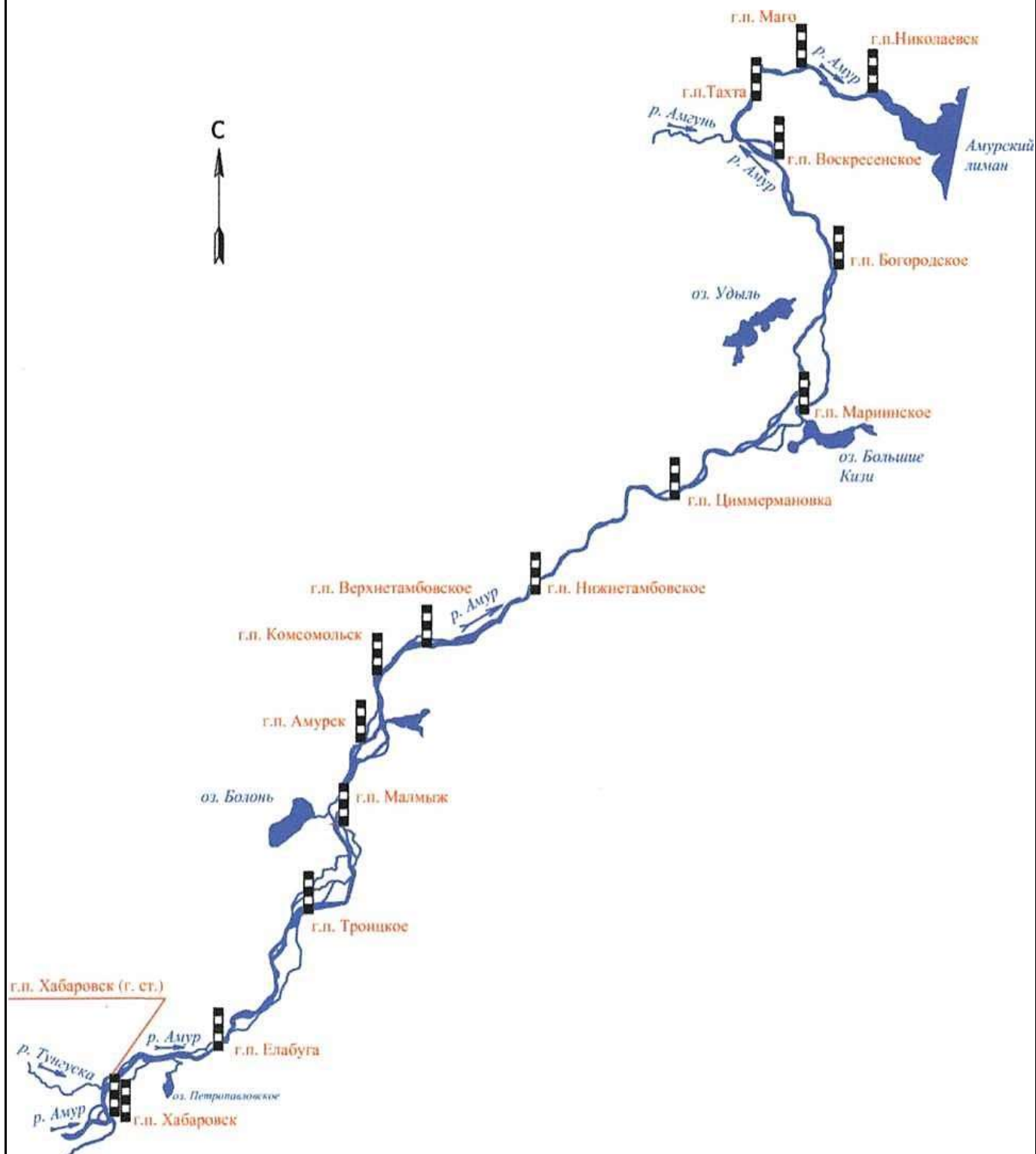


Рис. 2. Схема гидрологической изученности Нижнего Амура

Положение территории реки Амур. Река Амур является одной из крупнейших рек мира – средний годовой расход в устье составляет $10\,800\text{ м}^3/\text{с}$. Амур образуется слиянием рек Шилки и Аргуни, впадает через Амурский лиман и Сахалинский залив в Охотское море. Длина реки равна 2824 км, от истока Аргуни – 4440 км. По площади водосборного бассейна среди рек России Амур занимает четвёртое место с 1855 км^2 , при этом 1003 тыс. км^2 приходится на Российскую Федерацию, 820 тыс. км^2 – на КНР и 32 тыс. км^2 – на Монголию.

Река Сунгари является самым крупным притоком Амура. Её бассейн, целиком расположенный в КНР, имеет площадь около 524 тыс. км^2 . Протяжённость реки – около 2000 км, а среднегодовой расход воды в устье – $2470\text{ м}^3/\text{с}$. Водосборная площадь самого крупного левобережного притока Амура – Зеи – составляет 233 тыс. км^2 , длина реки – 1242 км и среднегодовой расход в устье – $1910\text{ м}^3/\text{с}$. Бассейн Буреи занимает $70,7\text{ тыс. км}^2$, длина реки – 623 км, среднегодовой расход в устье около $890\text{ м}^3/\text{с}$. Река Уссури является пограничным с КНР правобережным притоком Амура, площадь её водосборного бассейна составляет 193 тыс. км^2 , длина реки – 897 км, среднегодовой расход в 147 км от устья – $1150\text{ м}^3/\text{с}$.

Долина реки Амур на рассматриваемом участке трапецеидальная, шириной 7-10 км. Прилегающая к долине местность холмистая, заросла смешанным лесом. На левом склоне долины в пределах большей части рассматриваемого участка прослеживается незатопляемая надпойменная терраса. Ширина этой террасы достигает 5-7 км, на ней расположен г. Комсомольск-на-Амуре. Правый склон долины – крутой, высота его достигает 200-250 м.

Река имеет левобережную пойму только в самой верхней части рассматриваемого участка. На этой пойме, заросшей кустарником и местами сильно заболоченной, расположено оз. Мылки.

Русло реки довольно извилистое. В верхней по течению части участка река течёт с юга на север. В районе 574-571 км русло делает крутой поворот, меняя своё направление с северного на северо-восточное. Ниже по течению г. Комсомольска-на-Амуре (550-449 км) река поворачивает на восток. В пределах всего рассматриваемого участка р. Амур течёт непосредственно вдоль правого высокого коренного склона долины (см. рис. 3).



Рис. 3. Правый коренной берег р. Амура в районе г. Комсомольска-на-Амуре, август 2014 г.

Левый берег в верхней части рассматриваемого участка пологий, низкий. Далее, ниже по течению, где чётко прослеживается надпойменная терраса, его высота увеличивается до 8-10 м над меженными уровнями воды. В черте города левый берег местами спланирован и укреплен бетонными плитами и камнем.

В левобережной части русла расположен обширный песчаный осередок (о. Комсомольский), разделяющий русло на два судоходных рукава. Длина острова при меженных уровнях достигает 4,5-5,0 км, а наибольшая ширина около 1,0-1,2 км. Приверх острова имеет хорошо выраженную и интенсивно разрушающуюся обрывистую бровку. В настоящее время наиболее возвышенная центральная его часть полностью заросла густым кустарником и лиственными деревьями (см. рис. 4, 5).



Рис. 4. Приверх о. Комсомольского, р. Амур, август 2014 г.

Мылки – пойменное озеро с площадью зеркала при среднемноголетнем уровне воды около 12 км² и площадью водосбора равной 71,9 км². Форма озера вытянутая, дно относительно плоское, сложено песком, глиной и галечником. С левым рукавом Амура акватория озера соединяется узкой и короткой Мылкинской протокой. В засушливые годы озеро Мылки сильно пересыхает и представляет собой цепочку небольших водоёмов. Берега озера пологие, низкие, заросшие болотной растительностью и густым кустарником. Сложены берега песками и суглинками, частично перекрытыми с поверхности органическими отложениями.



Рис. 5. Левый берег о. Комсомольского со стороны основного русла Амура, август 2014 г.

На западной окраине г. Комсомольска-на-Амуре в озеро впадает река Большой Хапсоль. По своему характеру, особенно в верхнем и среднем течении, река близка к горному типу: значительные уклоны и скорости течения с резкими пульсациями по вертикали, сильная орографическая извилистость русла. Длина реки около 11 км. Площадь водосбора 22,6 км². Ширина её на устьевом

участке при меженных уровнях воды не превышает 8-10 м, местами увеличиваясь до 20 м. Глубины в русле изменяются от 0,3-0,5 м на перекатах до 1,0-1,2 м на плесовых участках.

Уклоны на устьевом участке уполоаживаются и скорости течения уменьшаются. По измерениям на подъёме весеннего половодья, поверхностные скорости течения на стрежне реки изменялись в пределах 0,5-1,1 м/с. Берега реки устойчивые, береговые склоны хорошо задернованы и частично заросли кустарником. Дно каменистое (см. рис. 6)



Рис. 6. Река Большой Хапсоль ниже Хумминского шоссе, апрель 2015 г.

Существующая перед посёлком Мылки дамба была возведена в начале 2000-х гг., она отделяет озеро Мылки от болотистой низменности, расположенной в непосредственной близости от территории центрального района города (см. рис. 7).



Рис. 7. Заболоченная местность, прилегающая к озеру Мылки, апрель 2015 г.

Во время паводков воды Амура заходили в озеро, резко поднимая его уровень, и болотистая низина заполнялась водой, при этом расположенная рядом городская территория (посёлок Мылки)

подтапливался. Для предотвращения подтопления жилых районов была отсыпана защитная дамба из местного песчаного и суглинистого грунта протяжённостью около 4,8 км (см. рис. 8).



Рис. 8. Укрепление внешнего откоса существующей защитной дамбы мешками с песком, сентябрь 2013 г.

Во время катастрофического паводка 2013 г. поднимавшаяся вода Амура затопила территории с внешней стороны дамбы и поднялась до уровня верха существующей защитной дамбы. Для предотвращения перелива воды через гребень и разрушения дамбы были предприняты экстренные меры по укреплению дамбы и поднятию отметки верха её гребня.

Для укрепления внешней стороны гребня существующей дамбы на внешний откос в несколько рядов были уложены мешки с песком. Отсыпка дамбы продолжилась грунтом с обломками скальных пород (см. рис. 8).

Во время шквалистых порывов ветра высота волн около дамбы доходила до метра, и на некоторых участках начался перелив через гребень дамбы, сопровождающийся разрушением верхней части тела дамбы на участках протяжённостью до 100-150 м. Благодаря оперативным действиям разрушение дамбы удавалось предотвратить – образующиеся в теле дамбы прораны закладывались мешками с песком. Одновременно с этим происходила откачка воды с внутренней стороны дамбы насосами.

Режим уровней воды. Гидрологический режим рек Дальнего Востока характеризуется высокими дождевыми паводками в июле и августе, которые по своей водности значительно превышают пики весеннего половодья. Дождевое питание по бассейну Среднего Амура в среднем составляет 50-70 % общего годового стока, снеговое – 10-20 %, грунтовое – 10-30 %.

Для характеристики режима уровней воды реки Амур в районе проектируемых гидротехнических сооружений использованы многолетние наблюдения ДВ УГМС на ближайшем к участку работ гидрологическом посту р. Амур – г. Комсомольск, проработки ЗАО «Ленгипроречтранс» прошлых лет и материалы инженерных изысканий, выполненных ЗАО «Ленгипроречтранс» в 2015 г., кроме того, использовались проработки Росгидромета по оценке экстремального паводка 2013 года на р. Амур.

Гидрологический пост р. Амур – г. Комсомольск расположен на левом берегу реки, на 567 км судового хода. Уровни по опорному посту Комсомольск приводятся над нулём поста, отметка которого в системе высот БС 77 равна 12,93 м.

Графики годового хода уровней воды за характерные годы по гидрологическому посту р. Амур – г. Комсомольск показаны на рис. 9. Весеннее половодье, обусловленное таянием снежного покрова, в общем годовом ходе уровней воды выражено довольно слабо. Весенний подъём уровней начинается в конце марта – начале апреля, примерно за 20-25 дней до вскрытия реки.

Весенний ледоход в подавляющем числе случаев проходит в условиях подъёма уровней. Максимальные значения уровней воды весеннего ледохода за рассматриваемый период времени

(1984-2014 гг.) изменялись от 4,01 до 0,67 м и наблюдались с 20 апреля по 7 мая. Средняя дата наступления максимальных уровней весеннего ледохода приходится на 30 апреля при значении уровня, равном 2,1 м.

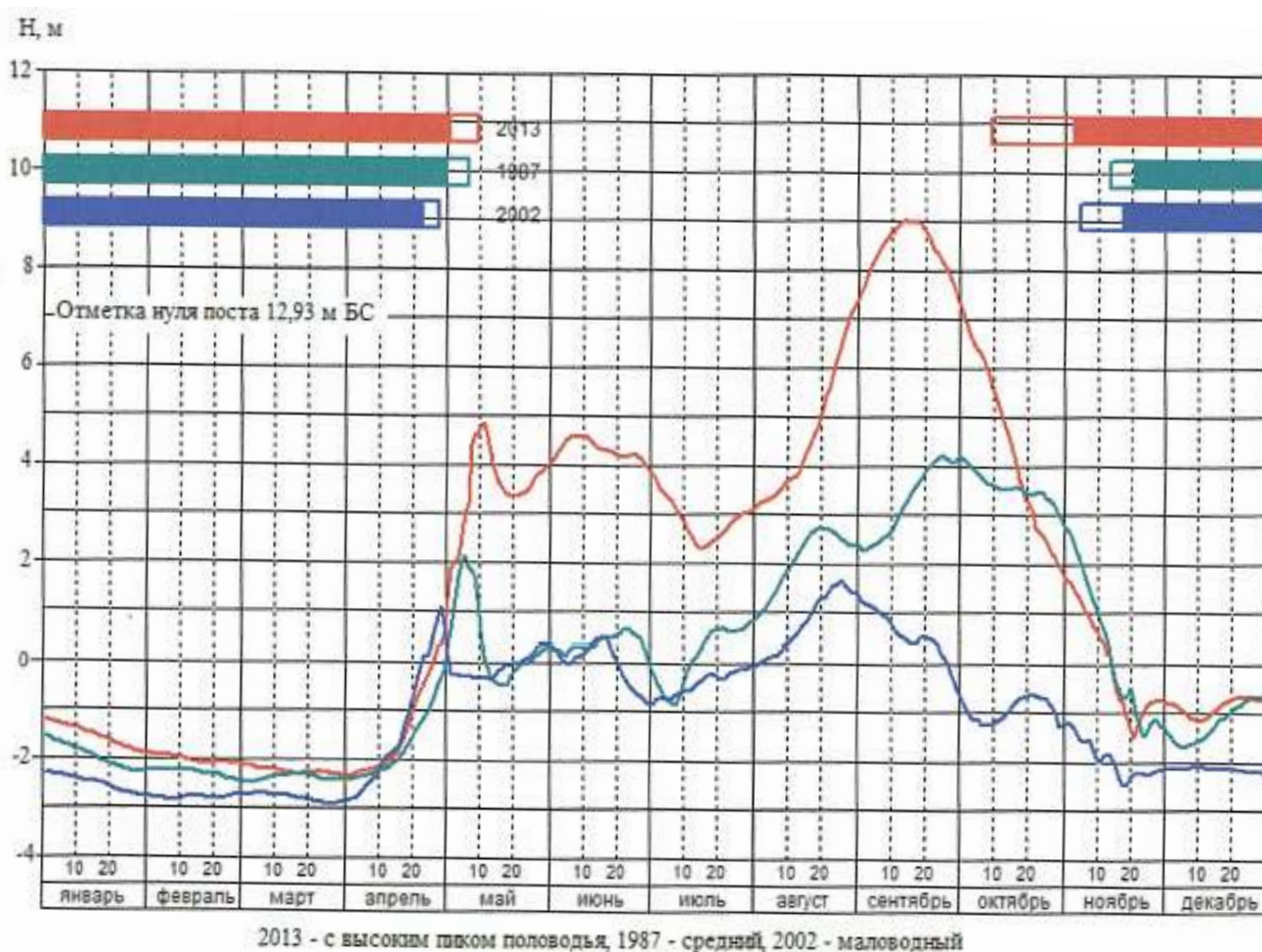


Рис. 9. Годовой ход уровней воды

Пик весеннего половодья может наблюдаться в период весенних ледовых явлений и в начале периода открытого русла. В среднем максимальные уровни весеннего половодья на 1,5-2,0 м ниже максимальных уровней открытого русла, наблюдавшихся при прохождении мощных дождевых паводков. Средняя дата наступления годового максимума приходится на 27 августа. Ранняя и поздняя даты приходятся соответственно на 1 мая и 4 октября. Наивысший уровень воды за весь период наблюдений зафиксирован в период паводка 2013 г. и составил 9,12 м над нулем гидрологического поста р. Амур – г. Комсомольск.

Минимальные навигационные уровни за многолетие на Нижнем Амуре могут наблюдаться практически в течение всего периода открытого русла (с апреля по ноябрь). Чаще всего они отмечаются в начале периода – в мае – после прохождения весеннего ледохода, а также в конце навигации, в последней декаде октября – в первой половине ноября.

Осенний ледоход проходит при относительно низких уровнях воды. Средняя дата наступления минимальных осенних уровней приходится на 17 ноября при среднем значении уровня, равном –1,5 м.

Установление ледового покрова по всему рассматриваемому участку сопровождается резким подъёмом уровней воды на 0,5-1,0 м. После этого вплоть до третьей декады марта происходит постепенное снижение уровней до минимальных годовых значений. Средний минимальный зим-

ний уровень составляет $-1,29$ м и наблюдается в большинстве случаев в марте. Наименьшее многолетнее значение зимнего уровня воды было отмечено в марте 2002 г. и составило $-2,90$ м.

В июле-сентябре 2013 г. на территории пяти субъектов Российской Федерации имело место катастрофическое наводнение (дождевое половодье), которое охватило почти полностью бассейн Амура и частично бассейн р. Колымы. Наводнение было вызвано большим количеством дождевых осадков, выпадавших начиная с третьей декады июля и практически весь август. На многих водомерных постах был превышен исторический максимум расходов и уровней воды (максимальное значение за весь период наблюдений). Катастрофический паводок носил сложный характер. На первую волну наводнения, сформировавшуюся на Среднем Амуре, наложилась волна паводочного стока, сформировавшаяся в бассейнах рек Сунгари (КНР) и Уссури, что привело к серьёзному осложнению паводочной ситуации на р. Амур в районе г. Хабаровска и ниже по течению, включая г. Комсомольск-на-Амуре.

Характеристика максимальных годовых уровней воды (открытого русла) приводится на основе работы «Оценка изменений русла реки Амур в результате прохождения экстремального паводка 2013 года...» выполненной под руководством ИВП РАН широким кругом научно-исследовательских и проектных институтов. В рамках данной работы были проанализированы максимальные расходы воды с 1932 г. на гидрологическом посту р. Амур – г. Комсомольск и определены их обеспеченные значения [1]. Рассматриваемая задача деформаций дна несвязного речного русла реки Амур определяется следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_i u_j}{\partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left(v_t H \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_t} \right) \right) - l_{ij} q_j + gH \frac{\partial (H + \zeta)}{\partial x_i} - \lambda q_i |u_k| &= 0, \\ \frac{\partial q_i}{\partial x_i} &= 0, \\ \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \Lambda_{ij} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x_i \partial x_j} + K_i \frac{\partial \zeta}{\partial x_i} + Q &= 0, \quad i, j = \overline{1,2}, \\ \Lambda_{ij} = -C_0 \frac{4|u_i|}{15t g \varphi} \times \begin{bmatrix} 5(1 - \chi)u_1^2 + 4u_2^2 & (9 - 5\chi)u_1 u_2 \\ (9 - 5\chi)u_1 u_2 & 5(1 - \chi)u_2^2 + 4u_1^2 \end{bmatrix} &= \\ = -\frac{4C_0}{15|u_i|} \times \left(\begin{aligned} &u_1(15u_1^2 + 3u_2^2 - 5\chi(3u_1^2 + u_2^2)) \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + u_2(23u_1^2 + 5u_2^2 - 5\chi(3u_1^2 + u_2^2)) \frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \\ &u_2(6u_1^2 - 12u_2^2 - 10\chi u_1^2) \frac{\partial u_2}{\partial x_1}, \\ &u_2(22u_1^2 + 4u_2^2 - 10\chi u_1^2) \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + u_1(6u_2^2 - 12u_1^2 - 10\chi u_2^2) \frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \\ &+ u_1(5u_1^2 - 23u_2^2 - 5\chi(u_1^2 + 3u_2^2)) \frac{\partial u_2}{\partial x_1} + u_2(15u_2^2 - 3) \end{aligned} \right). \end{aligned}$$

Составлена математическая модель процесса отступления берегового склона реки Амур в области слияния её с Амурской протокой, проведено сравнение полученных результатов с натурными данными.

В качестве аналитического закона распределения принята биномиальная кривая (распределение Пирсона III) с числовыми характеристиками: средним максимальным расходом воды $25\,000$ м³/с, коэффициентом вариации (C_v) $0,24$ и соотношением коэффициентов асимметрии и вариации (C/C_D) равным $2,5$.

Переход от максимального расхода расчётной обеспеченности к соответствующим уровням воды осуществлялся по кривой $Q = f(H)$, построенной совместно ДВ УГМС и ГГИ по данным

многoletних наблюдений, а верх кривой уточнялся расходами воды, измеренными в период прохождения экстремального паводка 2013 г.

Максимальные годовые расходы воды различной обеспеченности и соответствующие им уровни на гидрологическом посту р. Амур – г. Комсомольск приведены в табл. 1.

Таблица 1

Максимальные годовые (открытого русла) расходы воды различной обеспеченности и соответствующие им уровни, р. Амур – г. Комсомольск

Характеристика	Расходы и уровни, в %						
	0,1	0,5	1	3	5	10	20
Расход, м ³ /с	48 500	43 800	41 500	37 700	35 800	33 000	29 800
Уровень, м	10,5	9,3	8,7	7,7	7,2	6,4	5,6

Полученные результаты расчёта максимальных уровней воды хорошо согласуются с расчётными максимальными уровнями, приведёнными в письме ФГБУ «Дальневосточного УГМС» для рассматриваемого участка реки Амур [4].

По полученным значениям максимальных годовых уровней воды составлена схема затопления территории г. Комсомольска при уровнях воды обеспеченностью 1, 3, 5, 10 и 25 % (см. рис. 10).

Характеристика минимальных годовых уровней воды, а также максимальных и минимальных уровней весеннего ледохода дана на основе материалов наблюдений за уровнями воды на гидрологическом посту р. Амур – г. Комсомольск за период с 1932 по 2014 гг.

Средний многолетний уровень воды периода открытого русла – уровень 50 % обеспеченности – получен обработкой ежедневных уровней воды на гидрологическом посту р. Амур – г. Комсомольск, и его значение получено равным 1,49 м над нулём поста.

Перенос характерных уровней воды от гидрологического поста р. Амур – г. Комсомольск непосредственно по территории города осуществлялся в два этапа. На первом этапе по кривым свободной поверхности расчётные уровни переносились от гидрологического поста на юго-восточную оконечность дамбы [3]. Кривые свободной поверхности построены по результатам полевого определения горизонтов высоких вод паводка 2013 г. с привлечением данных Росгидромета, а также материалов однодневных связей воды, выполненных ЗАО «Ленгипроречтранс» весной 2015 г. и летом-осенью 2014 г. (в рамках работы «Оценка изменений русла реки Амур в результате прохождения экстремального паводка 2013 года»).

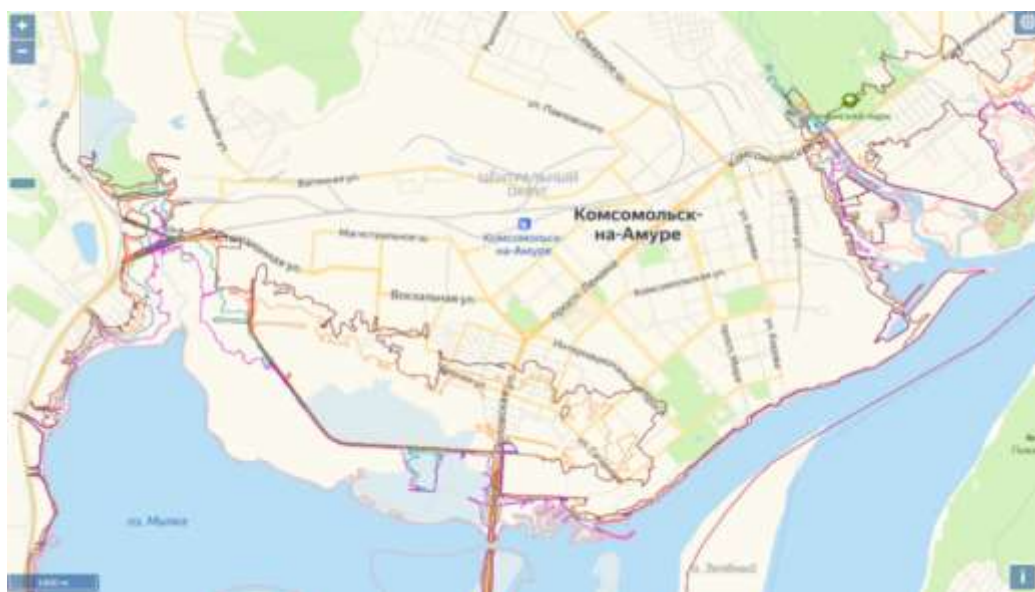


Рис. 10. Зоны затопления г. Комсомольска-на-Амуре при максимальных уровнях воды различной обеспеченности

Характерные уровни Амура, рекомендуемые в качестве расчётных на участке проектируемого гидротехнического сооружения, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характерные уровни воды р. Амур различной обеспеченности, рекомендуемые в качестве расчётных для определения границ затопления в г. Комсомольске-на-Амуре

Обеспеченность, %	Месторасположение							
	Район оз. Мылки		Район устья р. Силинки		Пос. Победа		Пос. им. Д. И. Менделеева	
	БС ₇₇	МСВ	БС ₇₇	МСВ	БС ₇₇	МСВ	БС ₇₇	МСВ
1 (1 раз в 100 лет)	21,7	24,5	21,5	24,3	21,4	24,2	21,3	24,1
3 (1 раз в 30 лет)	20,8	23,6	20,6	23,4	20,5	23,3	20,4	23,2
5 (1 раз в 20 лет)	20,3	23,1	20,1	22,9	20,0	22,8	19,8	22,6
10 (1 раз в 10 лет)	19,5	22,3	19,3	22,1	19,2	22,0	19,1	21,9
25 (1 раз в 4 года)	18,5	21,3	18,4	21,2	18,3	21,1	18,3	21,1
50 (1 раз в 2 года)	14,5	17,3	14,3	17,1	14,3	17,1	14,1	16,9

Для определения границ зон затопления территории г. Комсомольска-на-Амуре, затапливаемых при максимальных уровнях воды 3-, 5-, 10-, 25- и 50-процентной обеспеченности (повторяемость 1, 3, 5, 10, 25 и 50 раз в 100 лет), с целью внесения изменений в документы территориального планирования, градостроительного зонирования и документацию по планировке территорий в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 18 апреля 2014 г. № 360 «Об определении границ зон затопления, подтопления» определены максимальные уровни воды 3-, 5-, 10-, 25- и 50-процентной обеспеченности (повторяемость 1, 3, 5, 10, 25 и 50 раз в 100 лет).

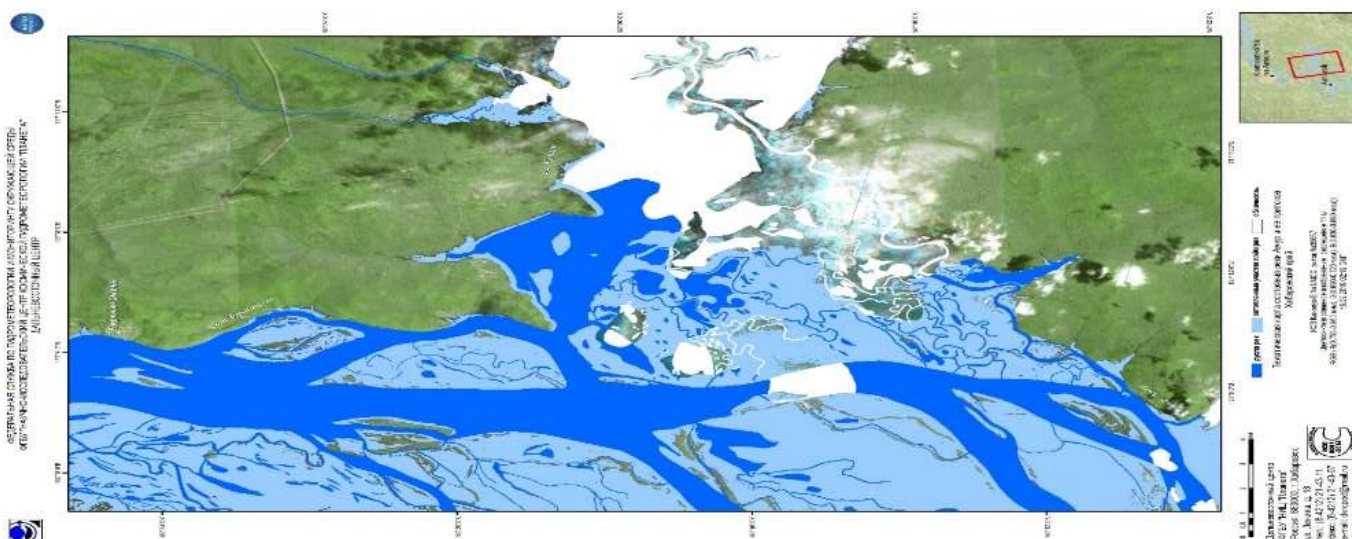


Рис. 11. Состояние реки Амур на 15 сентября 2019 г.

Вывод. На сегодняшний день после затопления в 2019 и 2020 гг. можно с уверенностью сказать, что расчёты по прогнозированию зон затопления не совпадают с реальной ситуацией. В реальности вода поднимается на более высокий уровень и зоны затопления распространяются на большую территорию. Это хорошо видно на рис. 11.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потапов, И. И. Математическое моделирование гидродинамических и русловых процессов реки Амур / И. И. Потапов // *Фундаментальные проблемы теоретической и прикладной механики. Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского.* – 2011. – № 4 (5). – С. 2438-2439.
2. Верхотуров, А. Д. О новом определении науки в связи с необходимостью решения глобальных проблем человечества, в том числе экологических / А. Д. Вертухов, В.М. Макиенко // *Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике.* – 2013. – № III-1 (15). – С. 86-93.
3. Тарануха, Н. А. Обзор и классификация стационарных морских платформ для работы на шельфе / Н. А. Тарануха, А. С. Миронов // *Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике.* – 2016. – № III-1 (27). – С. 93-98.
4. Кулепов, В. Ф. Применение методов теории проектирования судов для разработки параметрического ряда плавающих ледорезных машин / В. Ф. Кулепов, Ю. А. Двойченко, А. Л. Малыгин // *Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике.* – 2013. – № III-1 (15). – С. 78-85.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Здесь и далее километраж приводится по Атласу Нижнего Амура от Хабаровска до Николаевска-на-Амуре, 1996 г.