

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Кафедра географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности

**ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПАВОДОЧНОЙ
СИТУАЦИИ НА РЕКЕ АМУР В 2013 ГОДУ**

Выпускная квалификационная работа
студентки очного отделения направления подготовки 05.03.02 География
4 курса группы 81001202
Абрасимовской Ларисы Алексеевны

Научный руководитель:
к. г. н., доцент Лебедева М.Г.

БЕЛГОРОД 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ.xc

Введение.....	3
1. Бассейн р. Амур.....	5
1.1. Природные условия.....	5
1.2. Морфологические и морфометрические характеристики речного бассейна.....	10
1.3. Экологическая обстановка.....	13
2. Особенности синоптических процессов, сформировавших экстремальные уровни воды на р. Амур в 2013 году.....	21
2.1. Развития муссонной циркуляции над регионом в 2013 году.....	21
2.2. Режим выпадения осадков и уровни р. Амур.....	29
3. Причины и факторы наводнений в 2013 году на реке Амур.....	40
3.1. Причины наводнения.....	40
3.2. Факторы, влияющие на катастрофическое выпадение осадков над регионом.....	42
3.3. Оперативный прогноз уровней воды на реке Амур.....	47
Заключение.....	62
Список литературы.....	65

ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата в настоящее время вызывает повышенный интерес в связи с влиянием его характеристик на жизнь и деятельность человека. Во второй половине XX века стало очевидно, что общая климатическая ситуация меняется гораздо быстрее, чем в прежние времена. Для подробной оценки климатических изменений конкретных регионов чаще всего используют показатели температуры воздуха и осадков. Но меняются также характеристики водного режима горных и равнинных рек, формируются экстремальные паводочные ситуации, наносящие огромный материальный ущерб населению и экономике регионов.

Самым значительным по продолжительности, интенсивности и нанесенному ущербу в 2013 году было крупномасштабное наводнение, вызванное дождевыми паводками в июле-сентябре на р. Амур и его притоках. Наводнение охватило весь бассейн Амура, включая огромную территорию российского Дальнего Востока и северо-восточных районов Китая. Масштабы этого явления значительно превысили значения уровней дождевых паводков за весь 126-летний период наблюдений. В среднем и нижнем течении Амура, а также на реке Сунгари паводок достиг катастрофических критериев.

В России наиболее пострадавшими регионами стали Амурская область, Еврейская автономная область и Хабаровский край. Уровень воды у Хабаровска превысил наблюдавшийся максимум на 169 см, у г. Комсомольска-на-Амуре на 212 см. Рекордно продолжительными (более месяца) были периоды превышения опасных отметок: 28 дней у Хабаровска, более 30 дней у Комсомольска-на-Амуре; подтопление поймы продолжалось свыше 3-х месяцев.

В результате наводнения было затоплено более 200 городов и сел; пострадало около 80 тысяч человек, более 30 тысяч человек было эвакуировано. Для спасения людей и критически значимых объектов инфраструктуры были задействованы силы МЧС всей страны, привлекались к спасательным операциям подразделения Министерства обороны, волонтеры.

Росгидромет с месячной заблаговременностью предупреждал о возможности высокого паводка в Амурской области. Только для сельского хозяйства ущерб составил не менее 10 миллиардов рублей.

Объектом исследования является р. Амур и ее бассейн

Предметом исследования явился режим выпадающих осадков и гидрологические характеристики р. Амур в условиях экстремально складывающихся синоптических условий.

Целью исследования является выявление причин и факторов анализ формирования экстремального паводка на р. Амур в 2013 году.

Выполнение поставленной цели потребовало решения следующих **задач**:

1. Провести анализ природных условий бассейна реки Амур
2. Изучить гидрологический режим р. Амур летом 2013 г.
3. Особенности синоптических процессов, сформировавших экстремальные уровни воды на р. Амур в 2013 году

В процессе выполнения работы нами были использованы научно-поисковый, сравнительно-географический, картографический **методы исследований**.

Структура работы: дипломная работа состоит из трех глав, каждая из которых содержит несколько подпунктов, введения, заключения и списка использованной литературы из 41 источников.

1. Краткая характеристика бассейна Амура

1.1. Физико-географическая характеристика

Река Амур является одной из крупнейших рек Северо-Восточной Азии. Бассейн реки расположен на территории трех государств: России, Монголии и Китая. В Дальневосточном крае главной рекой является Амур. Она располагается на четвертом месте среди рек Российской Федерации, уступая по своей длине лишь таким величественным потокам, как Обь, Енисей и Лена; и десятое место среди рек мира. По водности является четвертой крупнейшей рекой России и тринадцатой – в мире. Устье Амура – Охотское море.

Место, где Амур берет начало, до Хабаровска считается границей между двумя странами: Россией и Китаем (рис.1). Уклон русла составляет не более 0,11%. Исток и устье реки Амур растягиваются на 2850 км. Иногда в качестве начальной точки принимают одну из составляющих рек - Шилку, в этом случае длина водного потока будет составлять 4510 км. Однако эти значения могут быть не совсем точные, так как процесс замеров достаточно сложен. Площадь бассейна, включая реку Керулен, составляет 2 млн. км².

Глубина Амура варьируется в широких пределах, начиная от 1 метра в районе слияния Шилки и Аргуни и доходя до 16 метров, а в низовьях иногда достигая даже 50. Самое глубокое место Амура находится у Тырского утёса, расположенного на правом берегу в 100 километрах от Николаевска - на - Амуре, здесь глубина реки во время половодья может достигать 60 метров.

Самое узкое место Амура находится у слияния рек Шилка и Аргунь, где он имеет ширину всего около 300 метров, в районе Хабаровска ширина Амура доходит до 2 км. Самое широкое место Амура находится у поселка Мариинский и достигает 19 км.

На протяжении всего водного потока можно наблюдать характерные отличия. Так, например, его долина делится на три части: нижнюю, среднюю,

верхнюю. Каждому из этих участков присущи определенные размеры глубины и ширины русла, а также характер течения. Высота устья реки Амур (как и высота моря) составляет 0 м, в то время как истока – 304 м над уровнем моря [34].

Весь бассейн водного потока располагается в Восточной Азии. Он охватывает сразу четыре природные зоны: лесную, степную, лесостепную, полупустынную. Каждый год выпадает около 300 мм осадков, одинаковое количество которых поступает в исток и устье реки Амур; в районе хребта Сихотэ-Алинь, в частности, в его юго-восточной части, это число увеличивается до 750 мм.

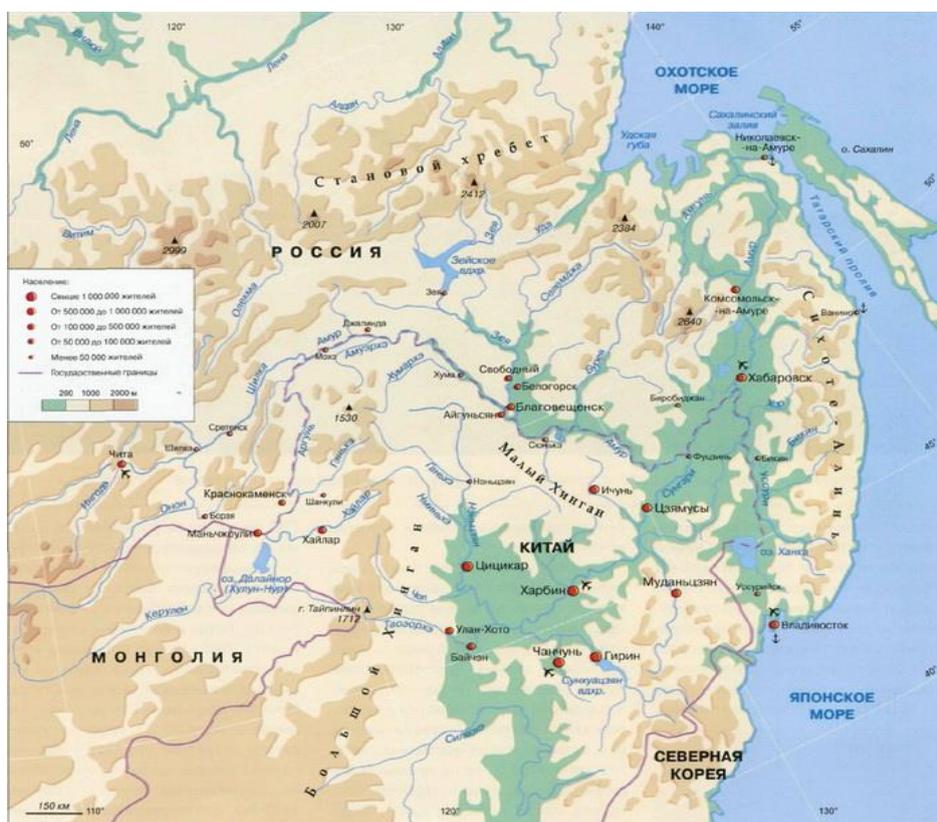


Рис. 1. Физико-географическое положение бассейна р. Амур [37].

Русло Амура разделяет два соседствующих государства Китай и Россию. По площади бассейна река Амур составляет 1855 тыс. кв. км по этому показателю она занимает четвертое место среди Российских рек и

десятое место среди рек мира. По течению реки Амур разделяют три направления:

Верхний Амур, протянулся от слияния рек Шилки и Аргуни до города Благовещенска, имеет протяжение около 900 километров. В верхнем течении река имеет горный характер и сильное течение. Между хребтом Нюкжа и Большим Хинганом Амур проходит между скалистых и высоких берегов. Ближе к городу Благовещенску горы постепенно отдаляются и течение замедляется.

Средний Амур - это участок реки между Благовещенском и Хабаровском протяженностью около 1000 км. На этом участке река течет в широкой долине, берега местами болотисты русло течёт многочисленными. После пересечения Малого Хингана, долина Амура сужается и его воды собираются в один мощный поток, текущий в живописной долине.

Нижний Амур, это участок от Хабаровска до моря, протяженностью около 950 км. Тут река течет по обширной Нижне-Амурской низменности, где встречаются множество озера и стариц. После города Николаевска находится Амурский лиман, посредством которого он соединяется с Татарским проливом. После впадения большого притока – Уссури, Амур становится особенно полноводным.

Климатические условия в бассейне р. Амур обусловлены его географическим положением на окраине азиатского материка, сложным строением его поверхности и муссонным характером циркуляции атмосферы. Рассматриваемая территория находится между двумя областями с разными физико-географическими условиями: влажными районами Тихого океана на востоке и континентальными пространствами Восточной Сибири и Монголии.

Климат большей части бассейна Амура определяется как северный вариант муссонного типа. Существенным признаком климата муссонов является преобладание, и зимой, и летом, воздушных масс, формирующихся за пределами исследуемой территории и обуславливающих почти

диаметрально противоположное направление ветров в зимний и летний периоды.

Такая смена воздушных течений происходит под влиянием перераспределения сезонных центров действия атмосферы над Азиатским материком и Тихим океаном. Водосборы рек Шилки и Аргуни называют Восточным Забайкальем. Эта территория находится под значительным влиянием западных воздушных масс, примыкая к границе разделяющей сферы влияния Тихого и Атлантического океана. Остальная часть рассматриваемой территории находится в сфере влияния Тихого океана. Вытянутая в широтном направлении полоса позволяет оценить закономерности формирования максимального стока и характер взаимодействия между материком и океаном[12].

В целом климат южной половины Амурской области континентальный с муссонной циркуляцией воздуха. Следует отметить, что на всей территории очень низкие средние январские температуры (минус 26 - 35). Низкие зимние температуры чередуются с высокими летними. Значительны как годовые, так и суточные амплитуды температур воздуха. Средняя годовая амплитуда температур воздуха превышает 44 градуса. Из-за резкой континентальности климатические характеристики местной зимы одинаковы с приполярными районами Сибири (Салехард), а показатели лета приближаются к показателям Алма-Аты. В ветровом режиме, связанном с муссонной циркуляцией, преобладают ветры с северо-западного сектора (37 – 69% всех направлений). Большинство дней в году на амурских просторах стоит солнечная, безветренная погода. Средняя температура воздуха колеблется с юга на север от 20,7 до 17,6 градусов в июле и от -27,6 до -32,8 градусов в январе. Амурская область орошается целой системой рек, 29 тысяч из них длиной свыше 10 км [11].

Таким образом, Амурская область – это область контрастов природы, имеющих свою специфику и влияющих на особенности архитектуры и градостроительства. Многолетняя мерзлота, сейсмичность,

континентальность климата с муссонной циркуляцией воздуха, исключительно неравномерный сток вод на протяжении года, значительные годовые и суточные амплитуды температур воздуха и ряд других природных факторов – вот чем характеризуется рассматриваемая территория.

Оценивая географическое положение, отметим его характерные особенности, необходимые для понимания природных особенностей бассейна Амура [34]. Рассматриваемая территория расположена в умеренных широтах, на краю азиатского материка и в основном принадлежит климатической области дальневосточных муссонов, являющихся северо-восточным ответвлением азиатских муссонов. Для нее характерна резкая контрастность климатических условий в теплый и холодный период года, определяющая погодные условия. Зимой – малая облачность, низкие температуры и относительно малые суммы осадков. Летом, наоборот, преобладание выноса влажных морских воздушных масс обеспечивают преобладание дождливой, пасмурной погоды.

В зависимости от активизации и местоположения полярного фронта над поверхностью материка наблюдается тот или иной режим выпадения осадков, а, следовательно, и неоднородный водный режим как во времени, так и в пространстве. Крайняя неустойчивость режима увлажнения проявляется здесь как в многолетнем, так и во внутригодовом аспекте.

Выпадение атмосферных осадков, являющихся наиболее значимым фактором в формировании максимального стока, определяется фронтально-циклоническими процессами, причем главное значение для региона приобретает положение полярного фронта и планетарной высотной фронтальной зоны. Приток морского субтропического воздуха происходит с акваторий Желтого и Восточно-Китайского морей и западной части Тихого.

Атмосферная циркуляция, развивающаяся над Охотским и Японским морями, также влияет на формирование атмосферных осадков, однако влияние морей на континент ограничивается прибрежной линией хребтов Сихотэ-Алинь, Ям-Линь, Джугджур. Зимой над азиатским материком

устанавливается область высокого давления, на периферии которой в пределы бассейна Амура проникает холодный воздух арктических широт с такой быстротой, что не успевает прогреться. Переохлажденный плотный воздух подчиняется и движению с запада на восток, свойственному всем внетропическим широтам северного полушария и, распространяясь в бассейне Амура, скапливается в межгорных понижениях рельефа. Наблюдается полное промерзание почвы [31].

Средние зимние температуры $-30, -35^{\circ}$ на севере бассейна и $-14, -15^{\circ}$ - на юге. Продолжительность холодного периода в году составляет 5-8 месяцев, суммы отрицательных температур за год на севере составляют 2600-4200С, на юге - 1600-2800.

В приземном слое воздуха зимой отмечаются ветры западного направления, редкие и слабые в истоках Амура и сильные в его нижнем течении. Степень влажности зимних воздушных масс также возрастает с запада на восток. В истоках Амура снегопады редки и высота не сплошного снежного покрова не превышает 10 см. В Нижнем Амуре снегопады частые, снежный покров сплошной, хотя сильно перевеваемый, высота его 0-50 см и более.

1.2. Морфологические и морфометрические характеристики речного бассейна

Для начала определим географические координаты реки и ее бассейна

Исток: 121° в.д. 54° в.д.

Устье: $141^{\circ} 50'$ в.д. 53° в.д.

Крайняя западная точка: 109° в.д 49° с.ш.

Крайняя восточная точка: $141^{\circ} 50'$ в.д. 53° с.ш.

Крайняя северная точка: 131° в.д 56° с.ш.

Крайняя южная точка: 128° в.д 42° с.ш.

Водосбор реки – это часть земной поверхности и толщи почв и грунтов, откуда данная река получает свое питание. Бассейн реки – это часть суши, включающая данную речную систему и ограниченная водоразделом. Наглядно можем увидеть границы бассейна на рисунке 2.



Рис.2. Границы бассейна реки Амур[38].

Для определения площади бассейна необходимо установить границы его на карте или на местности. Границей бассейна всегда является водораздельная линия, которая отделяет данный бассейн от соседних. Бассейн определяют, как правило, по карте. При определении границ бассейна сначала устанавливают точки перегиба местности.

Эти точки будут началом и концом водораздельной линии. Другие точки водораздельной линии определяют аналогично, при этом учитывают, что водораздел идет всегда перпендикулярно горизонталям и от него вода должна стекать в противоположные стороны.

Площадь бассейна, очерченного по карте, определяется планиметром, палеткой или разбивкой бассейна на простейшие геометрические фигуры. В данном курсовом проекте площадь водосбора определялась по картам атласа методом разбивки очерченного на ней бассейна на квадраты со сторонами 100 м с последующим их суммированием. Расчет максимальных расходов ведется по ливневому стоку и стоку талых вод. За расчетный принимается больший из них.

Общая площадь бассейна реки Амур: 1642500 км². Площадь притоков: Уссури 270000 км²; Сунгари 427500 км²; Аргунь 180000 км²; Шилка 315500 км²; Зея 202500 км²; Буря 112500 км²; Амгунь 135000 км².

Определим формы водораздела и коэффициент густоты речной сети.

Водоразделы между периферийными областями и областями внутреннего стока называются внутренними водоразделами. Линии на земной поверхности, разделяющие области суши, сток с которых направлен в различные океаны или моря, называются водоразделами океанов и морей. Водоразделы, отделяющие части суши, сток с которых направлен в те или иные речные системы, называют речными водоразделами или водоразделами речных бассейнов.

Длина реки L - это расстояние вдоль русла между истоком и устьем реки. Исток - место начала реки, устье - место непосредственного впадения реки в приемный водоем или другую реку.

$$F=1642500 \text{ км}^2 \text{ (площадь бассейна)}$$

$$L=2055 \text{ км (длина реки).}$$

$$K=1642500/20552=1642500/4223025=0,39$$

$K < 0,40$ - отсюда форма водораздела вытянутая (узкая).

Сумма длин всех рек в пределах бассейна дает протяженность речной сети L_i . Отношение протяженности речной сети к площади бассейна характеризует густоту речной сети бассейна $d = L_i / F$.

$$L=9840 \text{ км}$$

$$F=1642500 \text{ км}^2$$

$$D=0,00599 \approx 0,006 \text{ км}^2 / \text{ км}^2.$$

Амур имеет среднегодовой расход воды около $10\,000 \text{ м}^3/\text{с}$.

1.3. Экологическая обстановка

Особенностью российской части Амурского бассейна является контрастность природных условий, сосредоточение флористических и зоогеографических границ ареалов многих видов растений и животных. По этим причинам экосистемы региона особенно уязвимы к антропогенным воздействиям. В горах наблюдается вертикальная поясность ландшафтов. На верхнем Амуре склоны северной экспозиции заняты тайгой; склоны южной экспозиции – степными ландшафтами. Встречаются островные участки вечной мерзлоты.

С каждым годом все острее ощущается проблема загрязнения вод р. Амура, в том числе для населения края, 70 процентов которого использует для питья речную воду.

В связи с тем, что в последние 10 лет в летний период на Амуре наблюдались особенно низкие уровни воды, сброс промышленных и коммунальных стоков негативно отражается на состоянии водных ресурсов реки Амур[27]. Только с российской части бассейна в Амур ежегодно сбрасывается около 1 млрд. м. куб. сточных вод в год, из них более 400 млн. м. куб. загрязненных (недостаточно очищенных), из которых около 15% неочищенных. Также можем сравнить среднемесячный сток Амура ($\text{м}^3/\text{сек}$), измерявшийся на гидрометрической станции в Комсомольске-на-Амуре, рассчитанные за период с 1933 по 1990 год (рис.3).

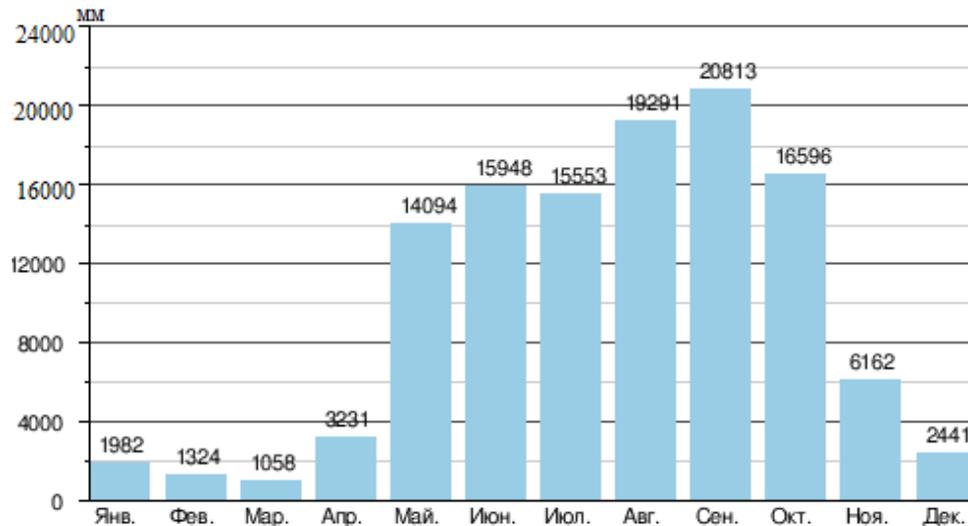


Рис.3. Среднемесячный сток Амура (м³/сек), измерившийся на гидрологической станции в Комсомольске-на-Амуре. Данные рассчитаны за период с 1933 по 1990 год[11].

Важными водохозяйственными и водозоологическими проблемами бассейна являются обусловленные спецификой его географического положения хронические наводнения и трансграничный характер использования. На территории бассейна р. Амур расположены три государства: Российская Федерация (1002,8 тыс. км²), Китайская Народная Республика (820,5 тыс. км²), Монгольская Народная Республика (32 тыс. км²) [1]. В пределах Амурского бассейна расположены 5 субъектов Российской Федерации: Забайкальский край, Амурская область, Еврейская автономная область, Хабаровский и Приморский края.

На химический состав поверхностных вод бассейна р. Амур, в основном, оказывают влияние своеобразные природные условия, наличие сложной системы проток, рукавов и водоемов, наличие рудоносных и коллекторно-дренажных вод. Воды бассейна р. Амур испытывают также большую антропогенную нагрузку. В 2013 г. существенно возросло воздействие на формирование качества поверхностных вод бассейна р.

Амур водности, водного режима водных объектов в условиях сложившейся гидрометеорологической ситуации (Рис. 4).

Основными виновниками загрязнения поверхностных вод бассейна р. Амур в 2013 г., как и в предыдущие годы, были береговые объекты речного флота, золотодобывающие и угледобывающие предприятия, железнодорожный транспорт, предприятия мясной и молочной промышленности, объекты коммунального хозяйства, принимающие в свои системы канализации смесь хозяйственно бытовых и производственных сточных вод. Значительная часть загрязняющих веществ попадает в речную сеть за счет неорганизованного поступления в результате антропогенной деятельности и неконтролируемого сброса, поверхностного стока с огромной водосборной площади [1,7,29].

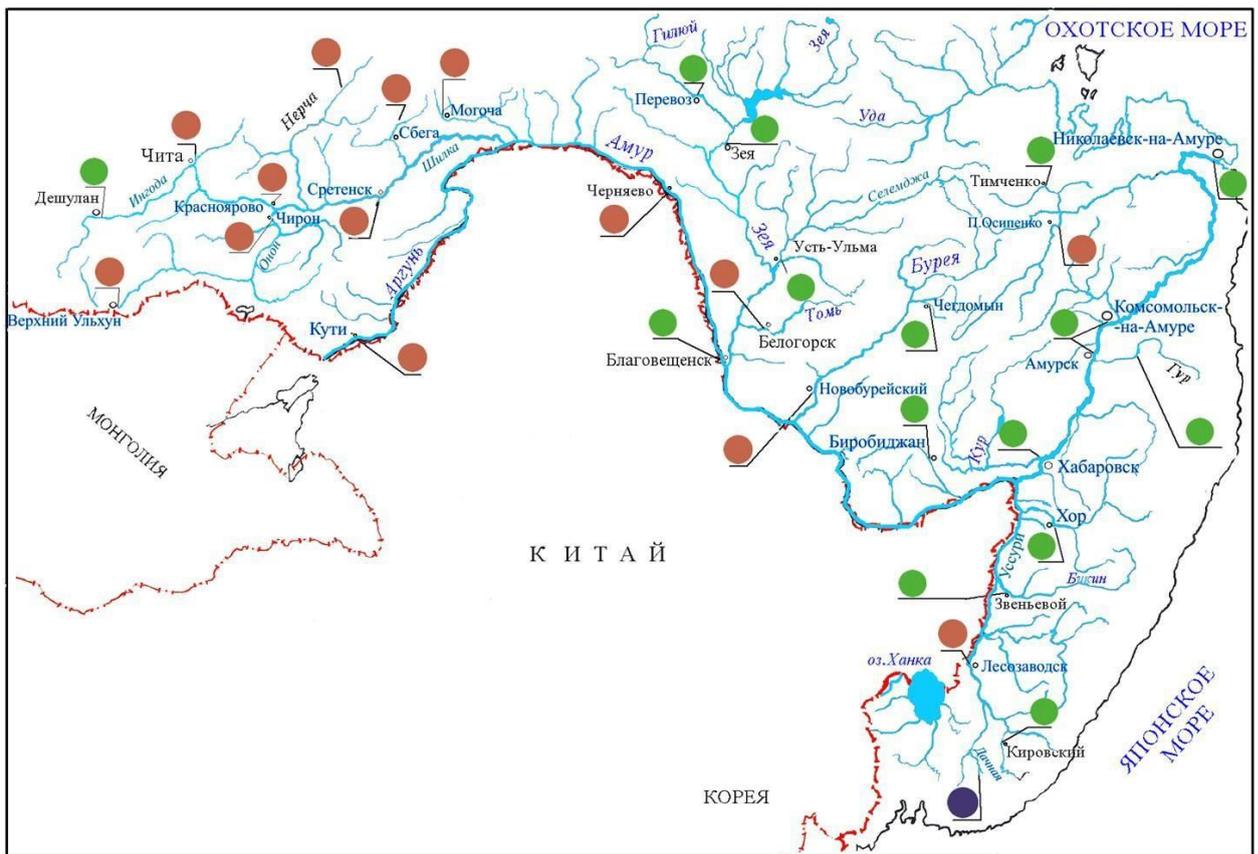


Рис. 4. Комплексная оценка качества поверхностных вод бассейна р. Амур в 2013 г.

Классы качества воды: зеленый- 3-й (загрязненная); красный- 4-й (грязная);
синий- 5-й (экстремально грязная) [40].

В 2013 г. в Амурской области снизился по отношению к предыдущему году до 81,4 млн. м³ объем сброшенных в поверхностные водные объекты сточных вод, включая шахтно-рудничные и коллекторно-дренажные. В структуре сточных вод по степени загрязнения преобладает категория "недостаточно очищенные", которые составляют 74 млн. м³, что на 1,8 % меньше, чем в предыдущие годы. Объем "нормативно очищенных" сточных вод в 2013 г. составил 4,37 млн. м³, "нормативно чистых" 0,08 млн. м³.

Основными источниками загрязнения водных объектов в Еврейской Автономной области в 2013 г. являлись предприятия жилищно-коммунального хозяйства, поступление загрязняющих веществ с селитебных территорий.

От учтенных организованных источников в водные объекты Еврейской автономной области в 2013 г. сброшено около 14,5 млн. м³ сточных вод в основном категорий смешанные хозяйственно-бытовые и производственные, реже производственные (в р. Кульдур – минеральные).

К крупным водопользователям Хабаровского края относятся водоканалы городов, предприятия теплоэнергетики и угольной промышленности. Анализ сведений о выполнении условий водопользования показал, что не всегда выполнялись требования по соблюдению нормативно-допустимых сбросов отдельных загрязняющих веществ МУП "Водоканал", что связано с рядом объективно существующих обстоятельств, таких как неэффективная работа очистных сооружений вследствие износа технологического оборудования, несоответствие мощности очистных сооружений фактически поступающему объему сточных вод и др.

Суммарный объем загрязненных сточных вод в Хабаровском крае в 2013 г., по сравнению с 2012 г., увеличился до 180,6 млн. м³. Увеличение объема сточных вод, поступающих в поверхностные воды Хабаровского края почти на 2 % связано, в основном, с ростом сброса шахтно-рудничных вод на ОАО "Ургауголь" в связи с увеличением водопритока в подземные

горные выработки из-за высоких дождевых летних паводков. Увеличился также объем сточных вод на отдельных участках объектов золотодобывающей промышленности, обусловленный расширением работ по добыче.

В 2013 г. продолжалась наметившаяся в предыдущие годы слабо выраженная тенденция снижения степени загрязненности воды р. Амур в большинстве створов наблюдений. На Среднем и Нижнем Амуре фиксировали некоторое снижение граничных для этого значительного по протяженности участка реки величин УКИЗВ и сужение их общего диапазона от 2,91 – 4,23 в 2012 г. до 2,43–3,42 в 2013 г. В целом для р. Амур несколько усилилось до 94,2 % в 2013 г. по сравнению с 2012 г. преобладание "загрязненных" вод 3-го класса качества (рис. 4).

Практически не изменилась при этом комплексность загрязненности воды р. Амур. Среднегодовое значение коэффициента комплексности загрязненности воды р. Амур в 2013 г. было существенно ниже, чем по бассейну р. Амур в целом и составляло 26 %. К загрязняющим относились в большинстве створов от 7 до 9 из 13–17 загрязняющих воду р. Амур веществ.

В 2013 г., как и в 2012 г., кислородный режим воды р. Амур на всем протяжении оставался удовлетворительным. Концентрации растворенного в воде кислорода варьировали в пределах 6,32–14,8 мг/л, на участке г. Амурск - г. Комсомольск-на-Амуре в отдельных пробах снижаясь до 5,19 мг/л.

Содержание в воде взвешенных веществ не превышало 143 мг/л, отмеченного в районе г. Хабаровск, и 193 мг/л, зафиксированного в нижнем течении р. Амур у г. Николаевск-на-Амуре. Минерализация воды в течение года колебалась от 12,3 мг/л до 259 мг/л при среднегодовом значении 109 мг/л.

К наиболее характерным химическим параметрам, содержание которых в воде р. Амур не соответствует нормативным требованиям, относились в 2013 г., как и в предыдущие годы, соединения железа,

марганца, меди, трудно-окисляемые органические вещества (по ХПК), аммонийный азот (рис. 5), реже легко-окисляемые органические вещества (по БПК5).

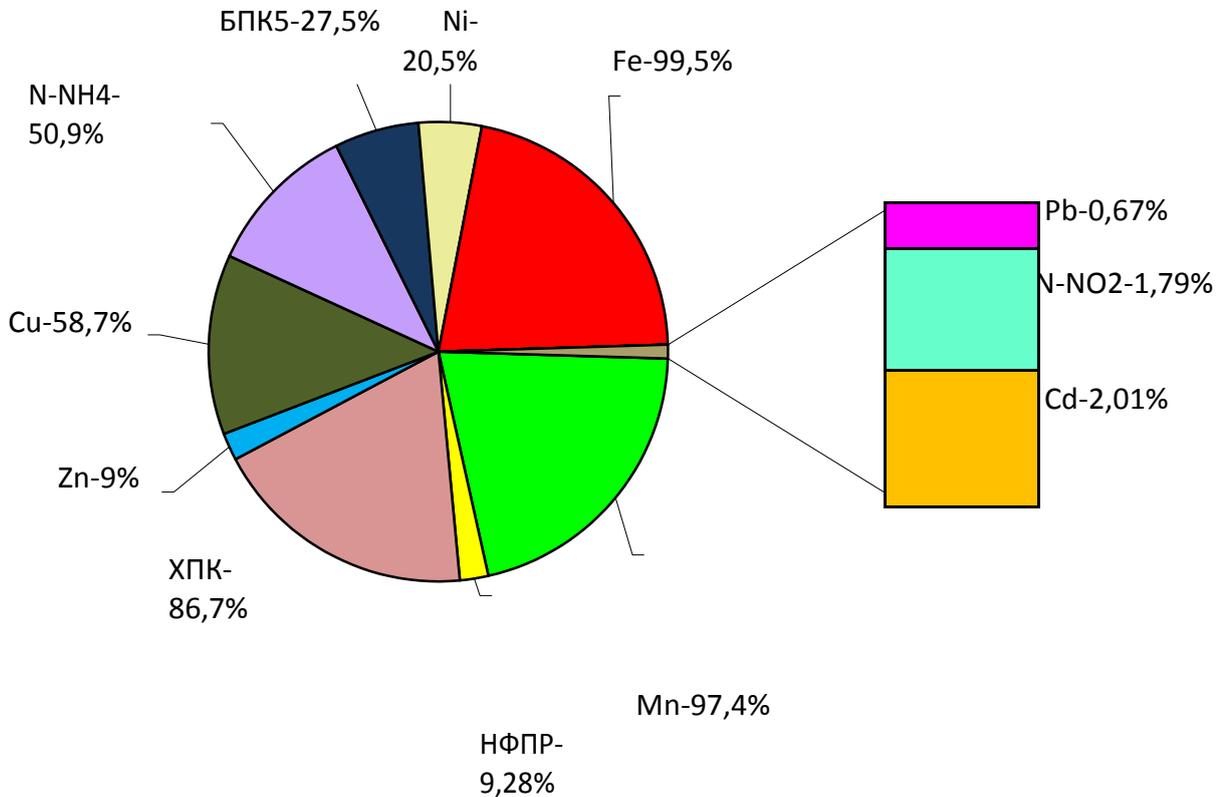


Рис. 5. Соотношение повторяемостей превышения 1 ПДК (П1) отдельных загрязняющих веществ в воде р. Амур в 2013 г [40].

В разрезе бассейнов водных объектов наибольшую нагрузку по загрязняющим веществам (фосфор, медь, нитраты, нитриты, органические вещества), поступающим со сточными водами, несёт Амур, сконцентрировано большинство промышленных предприятий [35].

В целом по Хабаровскому краю эффективность работы очистных сооружений предприятий остается недостаточной. Многие очистные сооружения работают в ненормативном режиме, перегружены, особенно сооружения биологической очистки, осуществляющие обработку смеси

хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод, вследствие этого сточные воды сбрасываются в водные объекты недостаточно очищенными.

Одной из наиболее острых проблем является отсутствие специализированных полигонов для токсичных отходов, которых накоплено на временных площадках предприятий свыше 3 млн. тонн. Назрела острая необходимость строительства в г. Хабаровске и Комсомольске-на-Амуре полигонов по утилизации и захоронению токсичных отходов. После появления Зейской и Бурейской плотин режим затопления поймы Амура уже претерпел значительные изменения. Исследования показали, что в районе Хинганского заповедника участки, затапливаемые раз в 20 лет, теперь будут затапливаться не чаще, чем раз в 100 лет; значительные площади высокой поймы вообще выйдут из под влияния паводков.

Для промысловых животных, беды начинаются еще в период строительства плотин и проведения лесосводки. Они страдают от усиления воздействия фактора беспокойства и беспощадного браконьерства. Так, при подготовке ложа Бурейского водохранилища китайские лесорубы истребили в прибрежной зоне Бурейского каньона почти всех кабарог. В приплотинной части в несколько раз сократилась численность косули, изюбря и лося. Во время заполнения водохранилищ погибает множество беспозвоночных, грызунов, насекомоядных и других мелких животных.

Весной пострадают кладки птиц и земноводных. На широких участках, где образуются временные полуострова, окажутся в опасности и крупные животные. Для побережий водохранилищ характерны: увеличение влажности воздуха и понижение температуры в весенне-летний период. Такие климатические изменения вызывают падение численности мышевидных грызунов и снижение численности соболя. Появление крупных водохранилищ нарушает миграции и местные кочевки многих видов наземных животных. В первую очередь это касается копытных (косуля, лось) и водоплавающих птиц. Все это чревато массовой гибелью животных,

временным или полным прекращением миграций и резким падением численности.

Современный уровень изученности не позволяет полностью оценить ущерб разнообразию ихтиофауны, если он будет перекрыт плотинами, но очевидно, что для организмов, живущих в воде, последствия будут еще катастрофичнее, чем для наземных животных [35]. Подавляющее большинство видов рыб, в том числе и оседлые, страдают из-за того, что водохранилища будут удерживать весенне-летние паводки. Негативное влияние на популяцию рыбы вызывает и то, что плотина Зейской ГЭС построена без рыбоподъемников, в результате преграждён естественный путь прохода рыбы на нерестилища.

Кроме того, отрицательное воздействие на ихтиофауну производят значительные, до 8 метров, колебания уровня водохранилища. Помимо этого, водохранилище затопило 2295 квадратных километров территории, но перед затоплением водохранилища не полностью выполнена лесочистка. Оставшийся лес медленно распадается, образуя фенолы.

Глава 2. Особенности синоптических процессов, сформировавших экстремальные уровни воды на р. Амур в 2013 году

2.1. Развитие муссонной циркуляции над регионом в 2013 году.

В конце лета 2013 года на Дальний Восток обрушился мощный паводок, приведший к катастрофическому наводнению, которое охватило пять субъектов Дальневосточного федерального округа. Было затоплено 37 муниципальных районов, 235 населенных пунктов и более 13 тысяч жилых домов (рис.6,7).



Рис. 6. Наводнение на р. Амур[29].

Десятки тысяч людей были эвакуированы. (рис. 8,9). Общая площадь затопленных территорий составила более 8 млн кв. км.



Рис. 7. Наводнение на р. Амур[29].

Во время наводнения, когда все было залито водой, протоку вновь стало размывать, и появилась опасность прорыва дамбы в следующий паводок. А это означает, что Амур снова может направиться в этот второстепенный рукав, и город останется без воды.



Рис. 8. Пострадавшие от наводнения р. Амур[41].



Рис. 9. Пострадавшие от наводнения р. Амур[41].

Муссонный характер циркуляции над Амурской областью обусловлен общепланетарной циркуляцией. С циркуляцией атмосферы происходит перенос воздушных масс с различными физическими свойствами. Для области характерен континентальный, умеренный воздух. В циклонах и антициклонах может поступать и извне, принося свойства тех территорий, над поверхностью которых он приобрел температуру и влажность.

Поступает в область также континентальный арктический, вызывающий понижение температуры воздуха как летом, так и зимой. В летнее время Амурская область доступна проникновению тропического воздуха континентального и морского. Зональная (широтная) циркуляция воздушных масс, характерная для умеренных широт, над районами Амурской области изменяется по сезонам года, что обусловлено изменяющимся взаимодействием центров высокого и низкого давления у поверхности Земли [14].

Устойчивым образованием в зимнее время является азиатский антициклон с центром в Монголии. Северо-восточный отрог от центра высокого давления обуславливает преобладание в Амурской области зимой ветров северо-западных румбов. В районе Берингова моря и Алеутских островов находится область низкого давления, существующая до июля.

При взаимодействии этих двух центров давления и антициклона, расположенного на севере Тихого океана - северотихоокеанского максимума, зимой над морями развивается циклоническая деятельность. Проникновение циклонов на сушу ограничивается стабильным влиянием сезонного центра высокого давления - азиатским антициклоном. Поэтому зимой на суше преобладают морозные и малоснежные погоды. Это зимняя муссонная циркуляция. При интенсивном прогревании территории Евразии к лету азиатский антициклон разрушается и над материком устанавливается пониженное давление, что уже не препятствует циклонической деятельности на суше. Воздушные массы из области морей Тихого океана южного, юго-восточного, юго-западного направлений проникают на материк, активизируя циклоническую деятельность. Циклоническими процессами обусловлены осадки летнего периода. Это летняя муссонная циркуляция [32].

Одним из показателей типа воздушной массы является высота тропопаузы, которая по мнению М.А. Петросянца, представляет собой интегральный итог радиационных, конвективных и динамических процессов, развивающихся в любом регионе земного шара. Повторяемость тропической тропопаузы (14–16 км) в Харбине и Хабаровске в июле–августе 2013 г. составила около 60%, в то время как по климатическим данным она не превышает 20-30% [15].

Главной причиной резкой интенсификации летнего дальневосточного муссона явилось формирование крайне благоприятного для муссонной циркуляции барического поля не только вблизи поверхности земли, но и в средней и верхней тропосфере. Характер погоды в июле–августе в Приамурье определял ярко выраженный барический гребень, который

располагался над северо-западной частью Тихого океана и Охотским морем, обеспечивая меридиональную циркуляцию атмосферы, что видно на рис.10 и рис. 11[30].

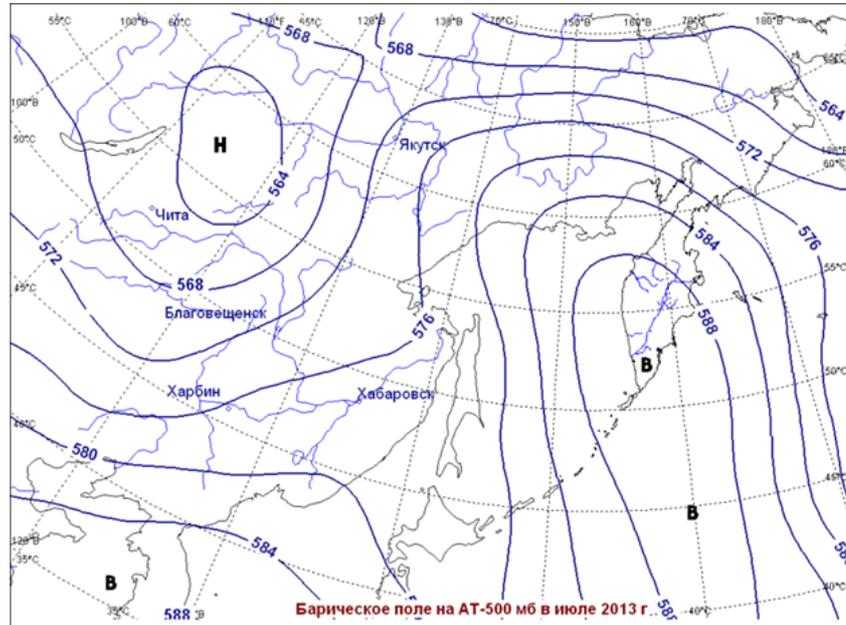


Рис. 10. Барическое поле в тропосфере (около 5 км над поверхностью) в июле 2013 года[30].

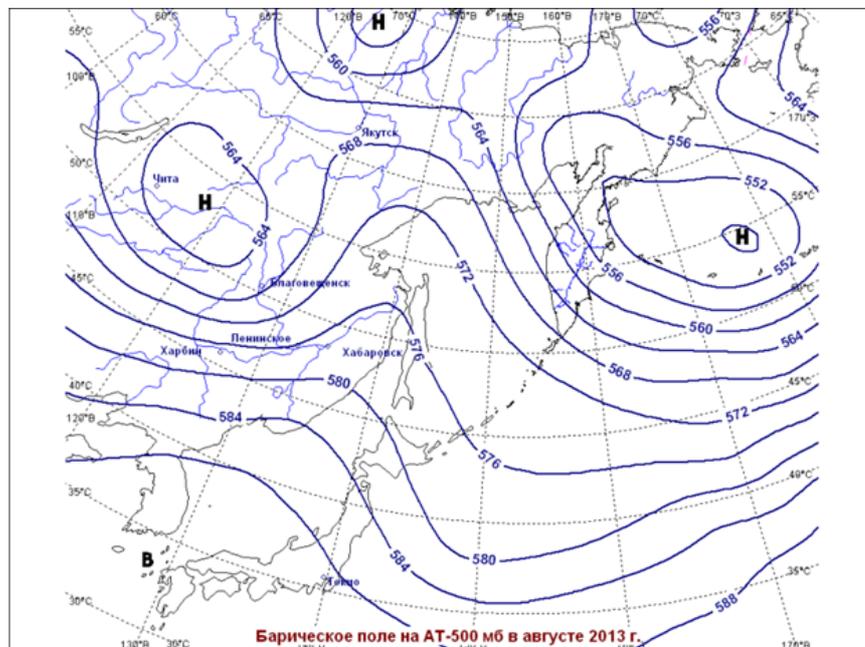


Рис. 11. Барическое поле в тропосфере (около 5 км над поверхностью) в августе 2013 года[30].

Интенсификация фронтальных дождей в областях циклонической циркуляции связана с активным участием во фронтальных процессах теплого и влажного морского тропического воздуха с Тихого океана. Повторяемость такого процесса над водосбором Амура превосходила климатическую норму в 2–3 раза. Вторжение тропического воздуха летнего дальневосточного муссона происходило в теплых секторах циклонов при устойчивых южных и юго-восточных ветрах. В районах наибольшей повторяемости циклонов формируются тропосферные фронты. В Амурской области известен приамурский фронт, который распространяется от низовий реки Зеи на северо-восток. Северо-восточное направление имеет читинский (азиатский) фронт, находящийся в Забайкалье. Зимой этих фронтов здесь нет, так как из-за преобладающего влияния азиатского антициклона их образование происходит над морями Тихого океана[30].

В течение весны изменяются условия, определяющие циркуляцию воздушных масс. Активизируется циклоническая деятельность на суше, достигая максимума летом. С началом охлаждения материка осенью наступают благоприятные условия для формирования циркуляции зимнего периода. Интенсивность циклонической деятельности ослабевает, что сопровождается увеличением погод солнечных и без осадков. Идет постепенное падение температур. Приходит зима.

Довольно часто в Амурскую область проникают континентальные, арктические воздушные массы. Эти воздушные массы приходят с циклонами, которые перемещаются на Амурскую область с северо-запада.

Рельеф оказывает влияние на температуру воздуха, циркуляцию воздушных масс. С высотой температура воздуха понижается. В пониженных формах рельефа наблюдаются наиболее низкие температуры. Зимой с поднятием по склону температура растет. Происходит нарушение обычного изменения температуры с высотой. Это явление аномального хода температуры называется инверсией. В различных районах мощность слоя инверсии неодинакова и зависит от глубины расчленения поверхности,

циркуляции атмосферы. Средний из абсолютных минимумов на пониженных участках может быть на 2–8 градусов ниже, чем на участках, расположенных выше.

Влияние морей и внутренних водоемов. Неровности рельефа могут вызывать изменение направления перемещения воздушных масс,двигающихся на территорию области со стороны морей и суши. Близость к морям определяет особенности сезонной циркуляции. Благодаря взаимодействию воздушных масс, притекающих с морей, и континентальных с суши, активизируется циклоническая деятельность, все процессы имеют муссонный характер. Внутренние водоемы, в частности, Зейское водохранилище, способствуют формированию туманов, инея.

Вертикальная мощность влагонесущего течения летнего дальневосточного муссона в отдельные периоды июля и августа 2013 г. была близка к вертикальной протяженности тропического муссона над Индостаном и составляла 6–9 км. Этим объясняются катастрофические суммы осадков над отдельными районами водосбора. В табл. 1 представлены усредненные по частным водосборам значения отклонения декадных сумм осадков от средних многолетних значений (нормы).

Таблица 1 [42]

Количество осадков (% нормы) на частных водосборах Верхнего и Среднего Амура летом 2013 г.

Водосбор	Июль			Август		
	декада					
	1	2	3	1	2	3
Верхний Амур	187	197	215	232	194	37
Бассейн р. Зeya	162	192	257	201	237	53
Малые реки Амурской области	102	169	120	472	186	96
Малые реки Еврейской автономной области	216	111	186	82	136	89
Бассейн р. Бурea	146	77	140	134	154	47
Бассейн р. Уссури	79	55	147	104	261	133

Данные табл. 1 показывают, что с начала июля и до второй декады августа включительно в бассейнах Верхнего и Среднего Амура, а также по

всем частным водосборам этих бассейнов декадные осадки существенно превышали норму повсеместно и в течение всего рассматриваемого периода (более полутора месяцев). Эти данные также демонстрируют динамику средних декадных осадков: их увеличение к максимуму в третьей декаде июля и начале августа в бассейнах Верхнего Амура, Зеи и Среднего Амура; продолжение сильных дождей во второй декаде августа с резким увеличением средних декадных осадков в бассейне р. Уссури[1].

В таблице не представлены данные по бассейну р. Сунгари в связи с отсутствием данных о нормах. Но для метеорологической станции в г. Цицикар (верховье р. Сунгари) имеются данные о месячных нормах осадков, по которым можно предположить, что в бассейне р. Сунгари в июле и августе количество осадков превысило норму в 1,5 – 2 раза.

Приморское положение Дальнего Востока определило особенности климата территории. Для этого края характерна муссонная циркуляция, то есть активный обмен воздушными массами между континентом и океаном. Зимой господствует перенос воздуха с суши на море, летом - с моря на сушу.

Наиболее ярко выражен муссонный климат на юге Дальнего Востока. Главная его черта - крайне неравномерное распределение большого количества осадков по сезонам года. Годовая сумма осадков возрастает от 500 -600 мм на Зейско-Буреинской равнине до 800 –1000 мм и более в горах Сихотэ-Алиня. Основная масса осадков выпадает летом в виде ливневых дождей, которые могут продолжаться двое – трое суток. Так же можно проследить среднемноголетние уровни воды на реке Амур (рис. 12).

Зимой осадков выпадает мало, мощность снежного покрова невелика, поэтому грунты промерзают на значительную глубину. В северной части Дальнего Востока возрастает доля зимних осадков в связи с прохождением циклонов по арктическому фронту, а годовая сумма осадков уменьшается.

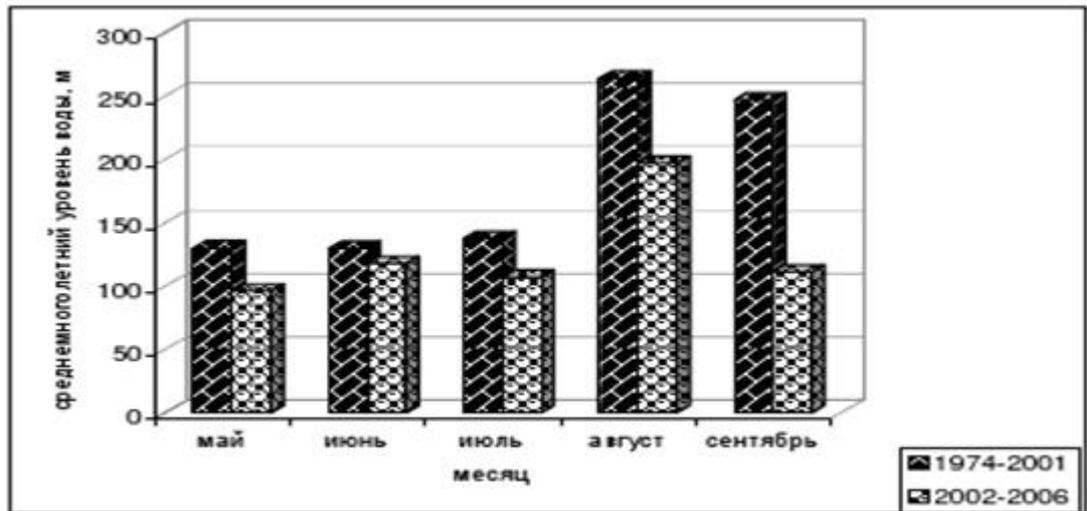


Рис. 12. Среднемноголетний уровень воды на р. Амур[30].

Большое количество осадков и относительно малое испарение определяют значительную густоту речной сети Дальнего Востока.

Для бассейна Амура характерно также наличие засушливых переходных сезонов. Периоды межени и пониженной водности на реках региона в отдельные годы длятся до 2 месяцев [33]. Особенности атмосферной циркуляции обуславливают продолжительные периоды без осадков, до 13–18 суток, весной и в начале лета. Среднегодовое количество осадков распределяется по рассматриваемой территории неравномерно. Наибольшее количество осадков, более 800 мм в год, выпадает в предгорных районах. Количество осадков уменьшается в направлении с северо-запад на юго-восток. Менее увлажненными, особенно в весенне-летний период, являются районы Среднеамурской низменности, где количество осадков около 600 мм в год[5].

Режим увлажнения характеризуется резко выраженной сезонностью. Согласно исследованиям В.Е. Водогрецкого и Г.В. Голофаст [4], дождевое питание рек в данной части бассейна Амура в средний по водности год составляет 64–76%, подземное –17-25% и смешанное – 5-11%. В многоводные годы это соотношение меняется в пользу дождевого, а в маловодные - подземного питания. Как видно, реки имеют ярко выраженное

дождевое питание. Главной фазой водного режима рек бассейна среднего течения р. Амур являются дождевые паводки, формирующиеся в теплое время года, начинаются обычно в июне и заканчиваются в сентябре–октябре.

2.2. Режим выпадения осадков и уровни р. Амур летом 2013г.

Летом над Тихим океаном устанавливается максимум давления, а над центральными районами материка -минимум, полярный фронт перемещается к северу и юго-восточные потоки влажного морского воздуха по западной периферии тихоокеанского максимума становятся господствующими. В тоже время в 2013г. произошли аномальные изменения характерной для юга Дальнего Востока циркуляции воздушных масс – сформировались мощные циклоны с более длительным периодом существования.

Над северной территорией Китая летом отмечались очень высокие температуры с высокой влажностью, а над Якутией температуры были достаточно умеренными, а воздух сухим. Данная ситуация сложилась в результате формирования блокирующего антициклона над западом Тихого океана, что привело к остановке циклонов над Приамурьем, не давая им быстро проходить на «кладбище» местных циклонов в Охотском море [36]. Таким образом, над Приамурьем к началу июля 2013 г. сформировалась стационарная высотная фронтальная зона, вдоль которой в течение более двух месяцев перемещались глубокие, насыщенные влагой циклоны, сопровождающиеся сильными ливневыми дождями. Все это привело к активизации одновременно всех паводочных областей бассейна р. Амур: верхний Амур, Зея, Бурей, Уссури и Сунгари, чего ранее не наблюдалось.

В 2013 году сформировавшийся паводок оставил неслладимый след в истории данного региона, что наглядно видно на рис.13 и рис. 14. Так же не мало заметным это явление оказалось не только для Амурской области, но, и Хабаровского края, и Еврейской АО, что и было предсказано на постах данных регионов (таблица 2).

На паводочный период обычно приходится большая часть годового стока с максимумом в августе. Паводки представляют собой хорошо выраженные подъемы воды в виде одиночных или многовершинных пиков, разделяемых между собой периодами с относительно низкими уровнями продолжительностью до 10 суток[8].

Паводки обусловлены обильными дождями, начинающимися со второй половины лета, отдельные, значительные паводки формируются не просто дождями, а так называемыми паводкообразующими дождями повышенной интенсивности (ливнями) или длительности (обложными).

Количество дождевых паводков на отдельных реках может достигать 10, средняя продолжительность паводков на реках рассматриваемого региона изменяется от 10 до 37 суток. В отдельные годы они может либо повышаться до 60 суток, либо снижаться до 5 суток.

Вторая по значимости фаза водного режима, которая характерна для представленных водотоков – это весеннее половодье. В формировании весеннего половодья принимают участие зимние запасы снега и атмосферные осадки весной в виде дождя и мокрого снега. Начало половодья в среднем приходится на 8–12 апреля, продолжительность составляет в среднем 29–35 дней. Интенсивность подъема уровня воды во время половодья зависит от характера весны, в среднем, в первые дни подъем составляет 0,2–0,3 м в сутки и, постепенно увеличиваясь, достигает 0,7–1 м в сутки. Превышение максимума весеннего половодья над низким уровнем воды зимнего периода составляет в среднем 70–125 см. Продолжительность спада половодья по сравнению с подъемом несколько больше. Наиболее интенсивный спад зафиксирован в первые 3–5 суток после прохождения максимума половодья [36].



Рис. 13. Снимок из космоса бассейна реки Амур в августе 2008 года (спутник NASA Terra)[36].



Рис. 14. Снимок из космоса бассейна реки Амур в августе 2013 года (спутник NASA Terra)[36].

Таблица 2[14].

Прогноз уровней воды от 19 августа 2013 года
на р. Амур на участке г. Благовещенск - г. Николаевск-на-Амуре

Пункт	Максимальные уровни за период наблюдений, см, (год)	Фактические уровни воды 19 августа (изменение за сутки)	Максимальные ожидаемые уровни, см (даты)	Отметка выхода воды на пойму, см	Отметка опасного явления (ОЯ), см	Примечание
Амурская область						
Благовещенск	895 (1958)	813 (-6)	Максимум прошел 16 августа с отметкой 822 см	510	800	В нижнем течении р.Зей на участке с.Мазаново-устье в течение двух суток ожидается подъем воды на 10-20 см, на Амуре на участке Благовещенск-Поярково спад на 10-20 см, у с.Иннокентьевка – без существенных изменений.
Константиновка	930 (1984)	923 (-1)	Максимум прошел 18 августа с отметкой 924 см	500	750	
Поярково	875 (1928)	830 (-3)	Максимум прошел 16-18 августа с отметкой 833 см	500	750	
Иннокентьевка	1090 (1928)	1072 (+16)	1080 (20 августа)	640	930	
Еврейская АО						
Пашково	1803 (1984)	1730 (+29)	1760-1780 (21-23 августа)	1300	1600	В течение двух суток ожидается подъем воды на 20-30 см на участке Пашково-Ек.Никольское, 20-30 см – Нагибово-Нижнеспаское.
Екатерино-Никольское	1138 (1928)	1072 (+17)	1100-1120 (21-23 августа)	800	1000	
Нагибово	1162 (1984)	1166 (+12)	1200-1220 (22-24 августа)	800	1100	
Ленинское	935 (1984)	987 (+5)	1000-1020 (23-27 августа)	620	850	
Нижнеспаское	566 (1959)	606 (+13)	650-700 (25-28 августа)	250	500	
Хабаровский край						
Хабаровск	642 (1897)	657 (+17)	730-780 (24-28 августа)	300	600	В течение двух суток ожидается подъем воды на 25-40 см на участке Хабаровск-Циммермановка, на 10-20 см на участке Маринское – Николаевск-на-Амуре.
Елабуга	637 (1959)	624 (+20)	650-700 (23-28 августа)	300	550	
Троицкое	502 (1951)	451 (+10)	520-570 (25-30 августа)	250	450	
Малмыж	613 (1951)	522 (+36)	600-650 25-30 августа	270	560	
Комсомольск-на-Амуре	701 (1959)	512 (+27)	680-720 (27-31 августа)	300	650	
Нижнетамбовское	861 (1951) 888* (1957)	604 (+17)	800-850 (28 августа- 2 сентября)	450	750	
Циммермановка	678 (1959) 835* (1957)	513 (+13)	650-700 (30 августа - 3 сентября)	420	750	
Маринское	617 (1915)	333 (+13)	550-600 (31 августа – 4 сентября)	250	550	
Богородское	551 (1960) 604* (1973)	297 (+6)	500-550 (1 –5 сентября)	180	500	
Тахта	578 (1995) 708* (1957)	421 (+5)	530-580 (3-8 сентября)	390	550	
Николаевск-на-Амуре	271 (1988) 417* (1957)	168 (+4)	250-300 (4-9 сентября)	150	350	
Примечание: Максимальные уровни за период наблюдений приведены за период открытого русла, * - уровни воды при весеннем ледоходе. Хабаровск – превышены исторические максимумы.						

Уровень воды у Хабаровска 18 августа 2013 г. превысил «абсолютный максимум» 1913 года, поднявшись на 6,42 метра выше ординара. 27 августа 2013г. в 12:00 по хабаровскому времени (5:00 по московскому) времени был зафиксирован уровень в 736 см. 4 сентября вода в Амуре поднялась до отметки 808 см. С 5 сентября отмечено начало снижения уровня воды.

12 сентября 2013 г. уровень воды у Комсомольска-на-Амуре достиг 9,1 м и в последующие дни пошёл на спад, что можно проследить на рис. 15.

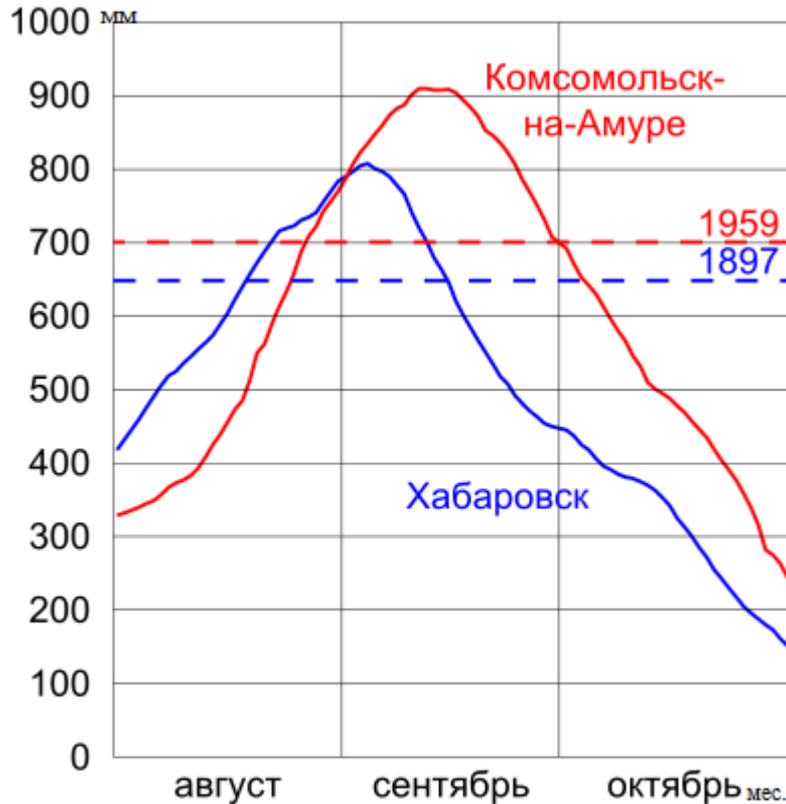


Рис. 15. График уровня Амура в Хабаровске и Комсомольске-на-Амуре во время наводнения[14]

Пунктиром обозначены уровни предыдущих рекордов.

Итак, основной амурский паводок, который привёл к масштабному наводнению, начинался в середине июля в западной части бассейна, где зоны осадков располагались над западной частью водосбора Зейского водохранилища, Зеи в нижнем бьефе ГЭС, над равнинной частью Верхнего и Среднего Амура в Амурской области и КНР, над верховьями р.Нонни (бассейн Сунгари).

Сначала разлились малые реки бассейна Зеи, в частности, р. Правый Уркан, где 20 июля были уже превышены опасные отметки, в дальнейшем превышены и исторические максимумы, причём, существенно – на 77 см, пойма реки была затоплена более месяца.

И дожди здесь продолжались, в отдельные дни их количество за полсуток составляло 80–140 мм. В таблице 3 представлена информация только лишь о метеорологических явлениях, достигших критерия опасного в июле-августе в западной части бассейна.

Одной из важнейших причин обильных дождей над Амуром летом 2013г., кроме беспрецедентной циклонической активности, явилась резкая активизация циркуляции летнего дальневосточного муссона. В результате формирование осадков в основном было обусловлено морским (тихоокеанским) тропическим воздухом с характерным для него большим содержанием водяного пара и высокой температурой. Так, в Хабаровске в июле и августе дневная температура даже при пасмурной погоде часто (60–70% случаев) поднималась до 25–27С, а во Владивостоке 12 августа был побит исторический рекорд для этого дня – 30,2 градуса С, который продержался с 1949г. Значения удельной влажности воздуха, которая является важнейшей характеристикой воздушной массы, превышали 12–14 г/кг, что позволяет отнести этот воздух к тихоокеанскому морскому тропическому воздуху [24].

Дополнительным фактором, указывающим на преобладание летом 2013 г. над Хабаровским и Приморским краями влажного и теплого тропического воздуха с Тихого океана, является большая повторяемость ветра южного и юго-восточного направлений, который наблюдался в теплых секторах полярно-фронтальных циклонов (рис. 16–21) [24]. Лучшим подтверждением вышесказанного служат результаты радиозондирования в Хабаровске и Харбине.

Таблица 3 [14]

Опасные метеорологические явления в июле-августе в западной части
бассейна р. Амур

Дата	Характеристика явления	Территория распространения Амурская область
Метеорологические явления		
07-08.07	Очень сильный дождь: - 62,3 мм за 10 ч 40 мин, - 77,7 мм за 11 ч, - 53,0 мм за 12 ч, - 81,3 мм за 12 ч, - 53,3 мм за 12 ч.	Шимановск Саскаль Свободный Дугда Ивановка
16-17.07	Очень сильный дождь: - 52,0 мм за 12 ч, - 58,0 мм за 9 ч, - 56,4 мм за 11 ч 45 мин.	Ерофей Павлович Усть-Нюкжа Свободный
20.07	Очень сильный дождь: - 90,0 мм за 12 ч,	Ивановка
22.07	Сильный ливень: - 38,7 мм за 1 час, Очень сильный дождь: - 62,6 мм за 5 ч 49 мин,	Благовещенск Благовещенск
30.07	Очень сильные дожди и сильные ливни: - 71,0 мм за 11 ч 45 мин. - 54,0 мм за 1 ч 48 мин. - 33 мм за 48 мин.	Тында Малиновка Малиновка
08-10.08	Очень сильные дожди и сильные ливни 08-09.08: - 82,1 мм за 7 ч 14 мин. - 76,8 мм за 10 ч 40 мин. - 139,8 мм за 6 ч 5 мин. - 93,4 мм за 12 ч и 34 мм за 1 ч. - 85,4 мм за 12 ч. - 78,8 мм за 7 ч 40 мин. Сильный ливень: 08.08 - 30,2 мм за 1 ч 09-10.08: - 61,7 мм за 10 ч, - 56,9 мм за 12 ч, - 52,0 мм за 7 ч 32 мин. - 58,3 мм за 12 ч.	Константиновка Свободный Екатеринославка Белогорск Серышево Ивановка Братолюбовка Нижние Бузули Нижние Бузули Тыгда Шимановск
13.08	Очень сильные дожди и сильные ливни: - 30 м за 1 ч, - 52 мм за 12 ч, - 55,2 мм за 12 ч, - 78,8 мм за 12 ч, - 51,4 мм за 12 ч, - 61,1 мм за 12 ч	Завитинск Серышево Усть-Ульма Ивановка Нижние Бузули Мазаново

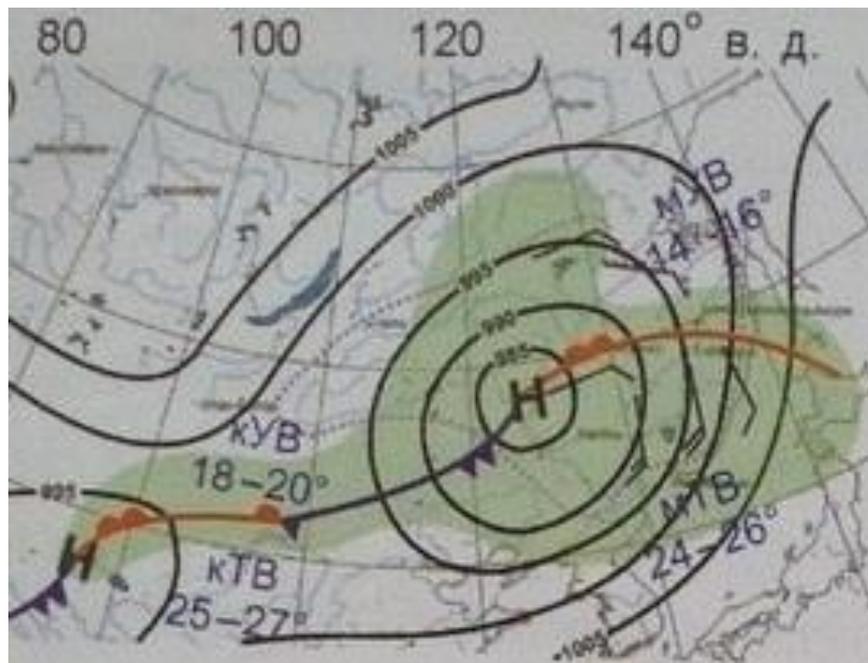


Рис. 16. Типовая синоптическая ситуация расположения циклона воздушных масс, фронтов и осадков 3 июля [24].



Рис. 17. Типовая синоптическая ситуация расположения циклона воздушных масс, фронтов и осадков 16 июля [24].

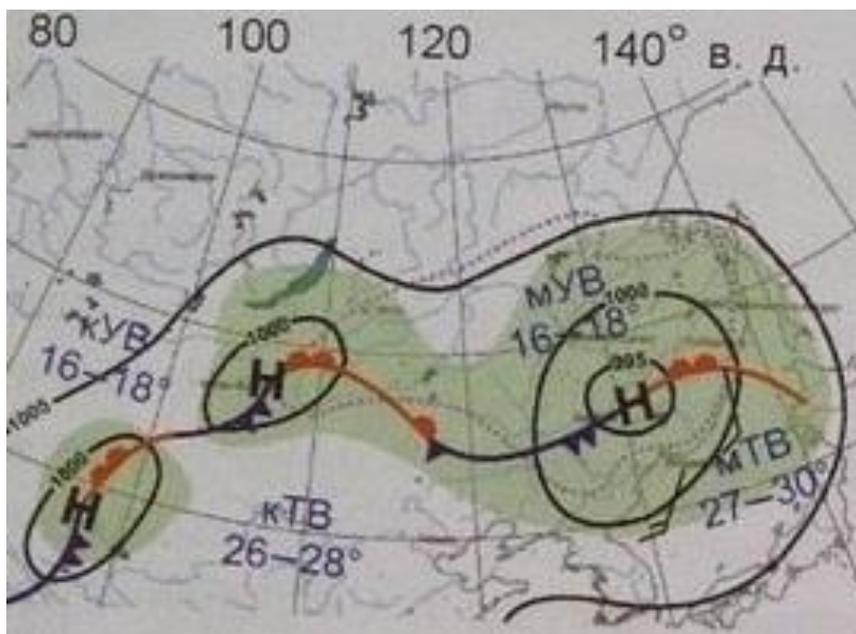


Рис. 18. Типовая синоптическая ситуация расположения циклона воздушных масс, фронтов и осадков 25 июля[24].

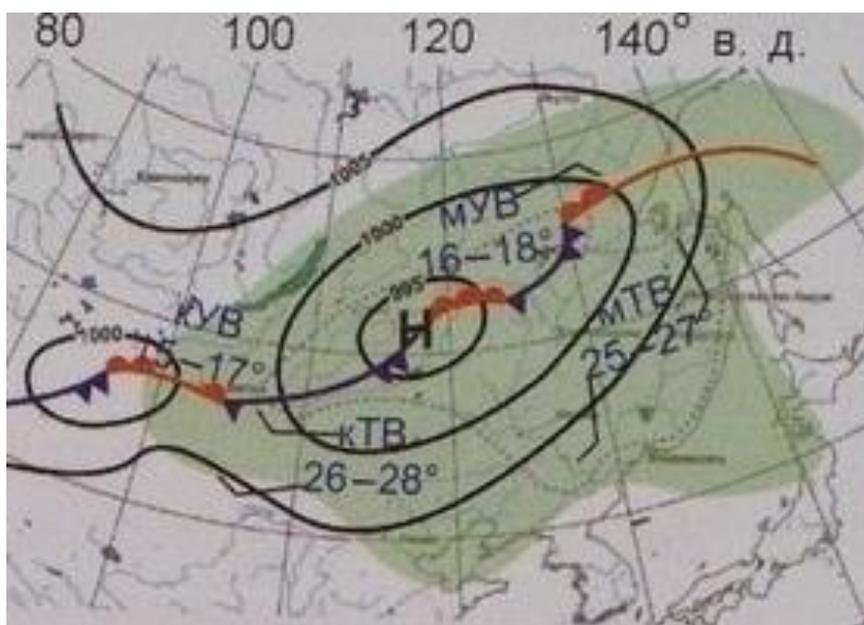


Рис. 19. Типовая синоптическая ситуация расположения циклона воздушных масс, фронтов и осадков 3 августа[24].

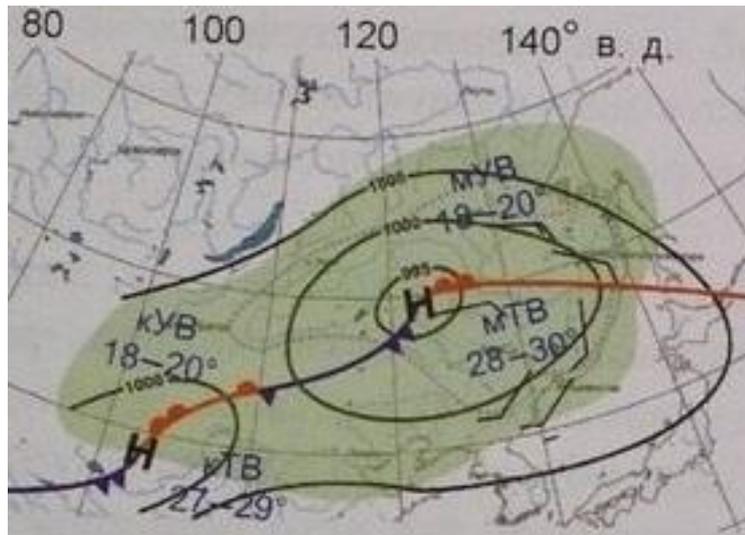


Рис. 20. Типовая синоптическая ситуация расположения циклона воздушных масс, фронтов и осадков 9 августа[24].



Рис. 21. Типовая синоптическая ситуация расположения циклона воздушных масс, фронтов и осадков 14 августа[24].

Что касается роли тайфунов в летнем наводнении на Амуре, то анализ всех траекторий тропических циклонов, отмеченных в июле и августе 2013 г. на северо-западе Тихого океана, показал, что ни один тайфун не выходил на сушу в районе Приморья и Северного Китая и не мог внести вклад в усиление летних осадков над водосбором Амура. Не отмечено также ни одного случая регенерации тайфунов на полярном фронте[24].

Глава 3. Причины и факторы наводнений в 2013 году на реке Амур

3.1. Причины наводнения

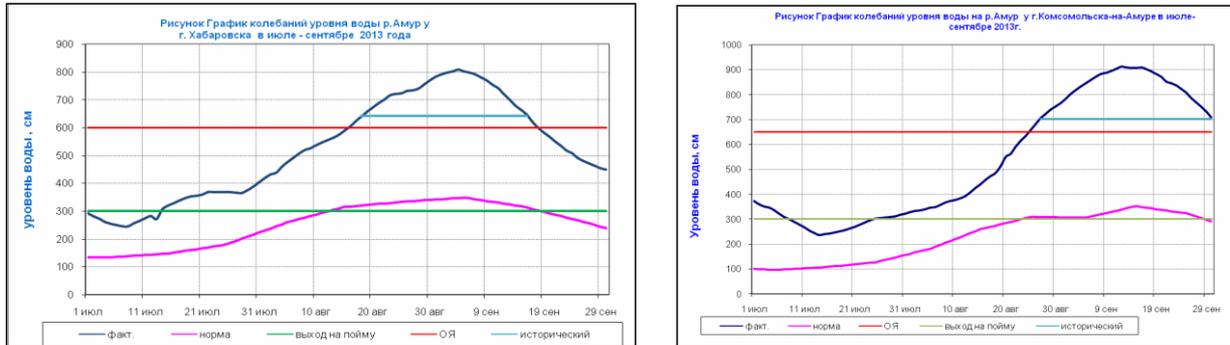
Можно разобраться в сложившейся ситуации в границах бассейна реки Амур летом 2013 года, рассмотрев главную причину экстремального дождевого паводка, принявшего катастрофический характер нижнем и среднем течении.

Причиной экстремального паводка явились продолжительные дожди высокой интенсивности, выпадавшие на всей территории водосбора р. Амур на протяжении 2 месяцев. Продолжительные осадки высокой интенсивности на территории Дальнего Востока были обусловлены сложившимся типом циркуляции с преобладанием барического гребня над северо-западной частью Тихого океана и Охотским морем, что обеспечивало поступление влажного тропического воздуха и контрастного полярного фронта в умеренные широты в течение двух месяцев лета 2013 года.

Реки бассейна Амура преимущественно дождевого питания. Максимальные уровни отмечаются, как правило, летом. Паводки бывают вполне регулярно. За период наблюдений (по отдельным постам до 126 лет) отмечались ярко выраженные многоводные и маловодные периоды. Строгая цикличность в их смене не прослеживается. У Хабаровска, например, максимальный уровень до 2013 г. наблюдался в 1897 г. (640 см). Многоводными были 50-е годы, когда отметка выше 600 см (опасное гидрологическое явление – ОЯ) наблюдалась 5 раз за 10 лет. После этого уровень Амура у Хабаровска достигал отметки ОЯ лишь однажды в 1984 году (620 см) [1].

Рекордно продолжительными в 2013 г. были и периоды превышения наблюдавшегося максимума уровня отметок ОЯ – более месяца: 28 дней у Хабаровска и более 30 дней у Комсомольска-на-Амуре; поймы – свыше 3-х месяцев (рис.22).

Основная особенность 2013 года заключается в том, что высокие дождевые паводки формировались в течение длительного периода последовательно практически на всех основных притоках Амура. Смещающийся паводок из западной части бассейна при уровне, близком к своему максимуму, пополнял паводки рек восточной части водосбора.



а) Хабаровск

б) Комсомольск на Амуре

Рис. 22. Графики колебания уровня р. Амур в июле–сентябре 2013 г[1].

Кроме того, большую роль сыграло предшествующее значительное переувлажнение почвы, так что потери стока были минимальными. Летние паводки 2012 года были поздними; осенью (сентябрь – октябрь) в бассейне Амура количество осадков превышало норму на 120– 200%. Вследствие этого Амур ушел в зиму в основном с высокой водностью. Весной 2013 года снегодождевой паводок на Амуре также был поздним и высоким. Все эти факторы привели к тому, что фаза летней межени, которая на Амуре наблюдается в июне – первой половине июля, практически не была выражена, а начавшиеся в июле дожди формировали сток с минимальными потерями.

В результате количество осадков в основных стокообразующих районах превысило средние многолетние значения: в Амурской области в 2– 4 раза в течение всего июля и двух декад августа (от 186 до 444%), в верховьях Сунгари – это превышение составляло от 271 до 438%; в бассейне

Зеи в июле – августе не было ни одного пункта наблюдения, где декадные суммы осадков были бы менее 150% нормы.

В бассейне Уссури по данным российских метеостанций декадные суммы осадков более 200% нормы наблюдались во 2-й декаде августа. За период с 7.07 по 13.08 2013 г. на территории Амурской области отмечено 33 случая сильных и очень сильных дождей с интенсивностью до 90 мм за 12 часов.

На рис. 23 представлены поля осадков, выпавших за 60 часов. Темным зеленым цветом отмечены зоны со средней интенсивностью 12 – 15 мм/12 часов, красным - от 15 до 20 мм/12 час, черным – свыше 40 мм/12 час.

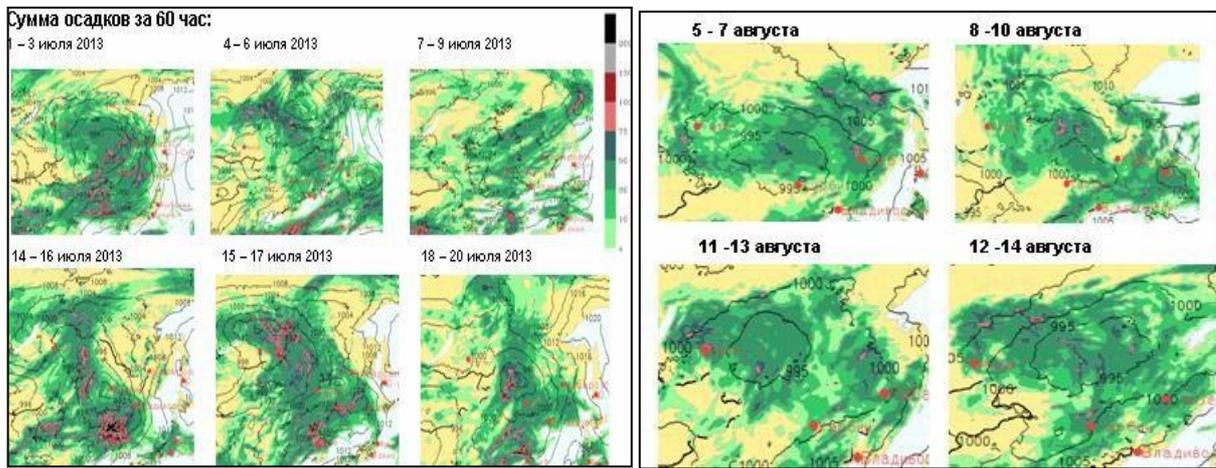


Рис. 23. Поля накопленных за 60 часов осадков в июле – августе 2013 г. на водосборе Амура[1]

3.2. Факторы, влияющие на катастрофическое выпадение осадков над регионом

Определяющим фактором в развитии атмосферных процессов летом 2013 г. явилось положение мощного и обширного Тихоокеанского антициклона (Гавайского максимума), практически занимавшего весь север Тихого океана. Аномальное положение Гавайского антициклона – смещение центра на запад, в центральные районы Тихого океана – привело к формированию мощного тропосферного гребня над Охотским морем,

который блокировал продвижение циклонов на восток, обеспечивая поступление в восточные районы России и на северо-восток Китая влажного тропического воздуха в зоне действия полярного фронта.

Основной амурский паводок, приведший к масштабному наводнению, начинался в июле в западной части бассейна, где основные зоны осадков располагались над восточной частью водосбора Зейского водохранилища, над равнинной частью Верхнего и Среднего Амура в Амурской области и КНР, над верховьями р. Нэнь (бассейн Сунгари). В результате сначала разлились малые реки бассейна р. Зея – на р. Правый Уркан (приток Зеи в 72 км ниже плотины ГЭС) был превышен исторический максимум на 108 см, пойма была затоплена более месяца (19.07–19.08).

Температурный контраст двух воздушных масс составлял до 10–12°C. На рис. 24 представлены средние за рассматриваемый период карты барической топографии изобарической поверхности 500 гПа с 11 июня по 15 августа 2013 г., иллюстрирующие наличие блокирующего гребня на протяжении рассматриваемого периода.

Сильные осадки продолжались и в августе. В результате водохранилище было наполнено к 20 августа выше нормального подпорного уровня на 4,6 м. Это самый высокий уровень воды за весь период работы Зейской ГЭС. Объем притока в водохранилище в третьем квартале августа 236 % нормы.

Смещаясь вниз по течению, основной амурский паводок принимал на себя большую воду основных южных притоков – Сунгари (КНР) и Уссури, а также многочисленных небольших рек. Сравнительная характеристика наводнений 1984 г. и 2013 г. показывает, что на участке Среднего Амура от Благовещенска до села Екатерино-Никольское паводок шёл, практически совпадая с паводком 1984 года.

Характерной особенностью волны паводка на устьевом участке Амура является отсутствие его четко выраженного гребня (рис. 25). Очевидно, что основной причиной этого является влияние моря. Даже в с. Богородском,

расположенном в 238 км от Амурского лимана, заметны искажения хода уровня воды, вызванные морскими приливами и штормовыми нагонами, сформировавшимися на устьевом взморье реки (рис. 1) [40]. Для некоторых ситуаций отчетливо прослеживается распространение длинной волны от моря вверх по устьевому участку реки.

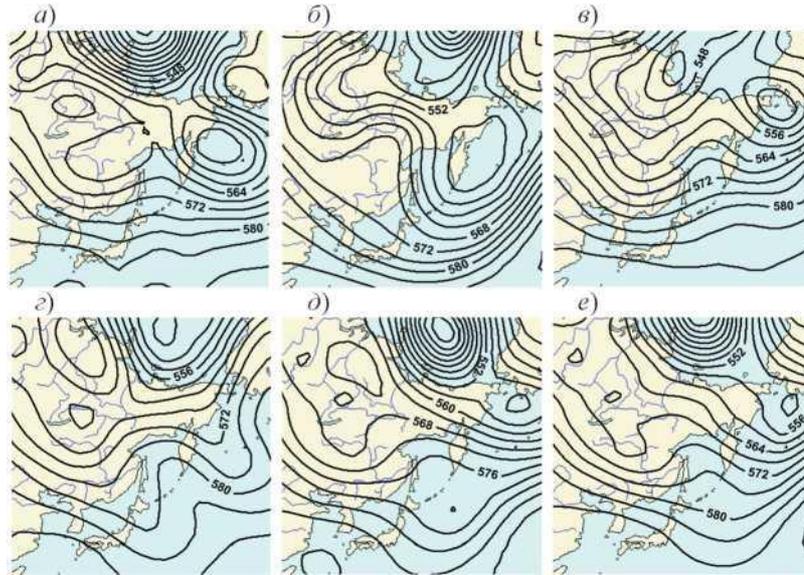


Рис. 24. Карты средней высоты изобарической поверхности 500 гПа за 11 – 20 июня (а), 21 -30 июня (б), 1 –10 июля (в), 15 –31 июля (г), 1 –10 августа (б) и 6 –15 августа 2013 г. (е) [40].

Приливные и нагонные волны, распространяющиеся на устьевом участке Амура, при значительном стоке реки быстро затухают. Тем не менее, в г. Николаевске-на-Амуре приливы и штормовые нагоны были хорошо выражены даже при прохождении экстраординарного паводка. Это не противоречит доказанным ранее фактам влияния величины стока Амура на характеристики приливов и нагонов на устьевом участке реки [7,16], так как зависимость величины приливов и нагонов от стока является нелинейной.

Для учета взаимодействия морских и речных процессов в устьевой области Амура в оперативной работе по обеспечению противопаводковых мероприятий в данном районе применялись океанологические методы и технологии.

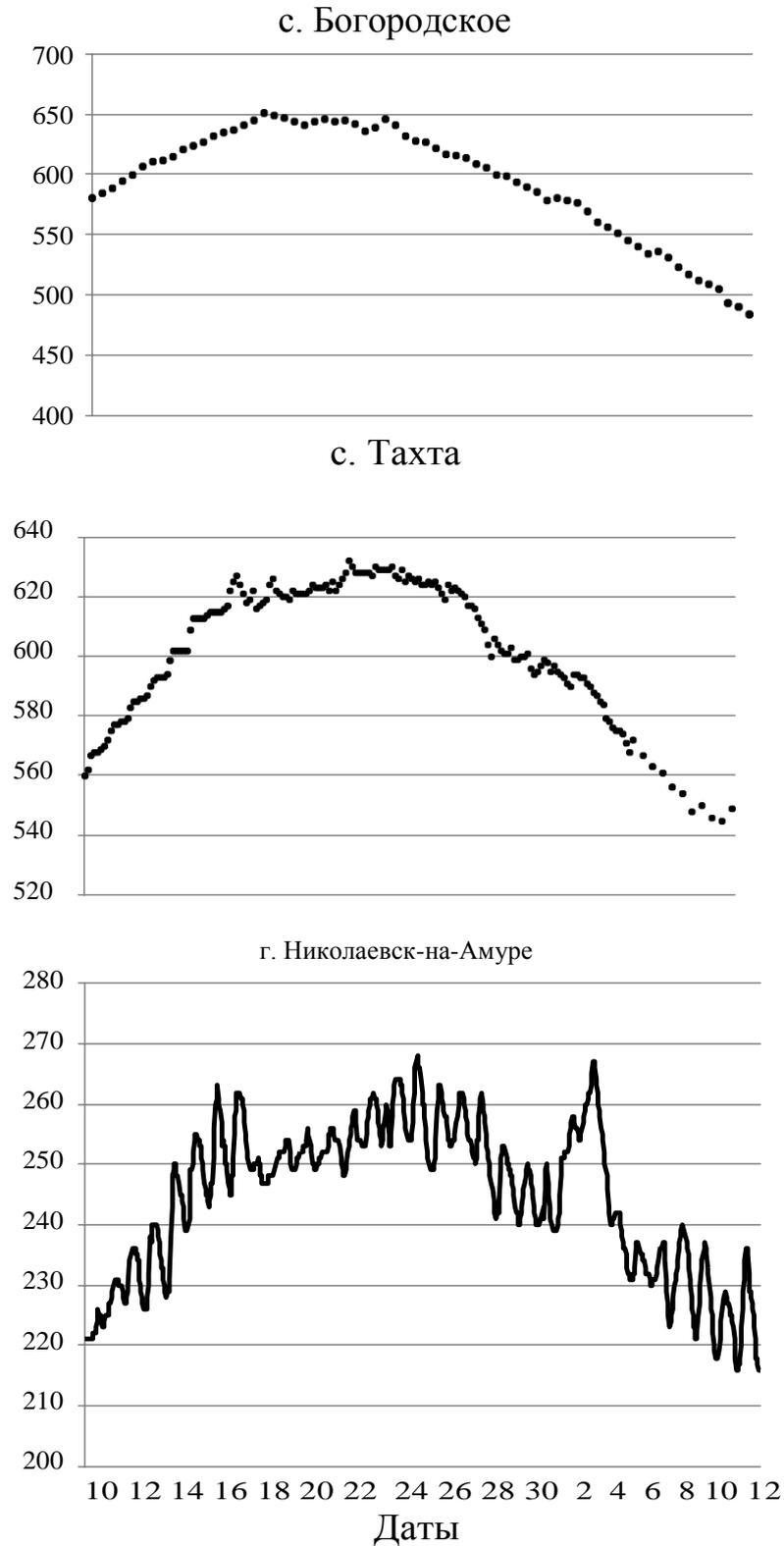


Рис. 25. Изменения уровня воды на устьевом участке Амура 10 сентября - 12 октября 2013 г., см [1].

Дополнительно к выпущенному Дальневосточным Гидрометцентром прогнозу ожидаемой отметки уровня воды в г. Николаевске-на-Амуре,

формируемой непосредственно стоком реки, в начале сентября были рассчитаны ежечасные значения приливных колебаний уровня воды в данном пункте по 31 октября включительно.

С помощью численного гидродинамического моделирования [13] 10 сентября оценивалась величина наибольших возможных значений уровня воды в Амурском лимане и г. Николаевске-на-Амуре для трех вероятных сценариев развития событий:

- изменения уровня воды определяются только стоком реки и приливами;
- при наличии приливов во время прохождения пика паводка формируется умеренный штормовой нагон;
- при наличии приливов во время прохождения пика паводка возникнет катастрофический штормовой нагон.

Сравнение значений приливных и наибольших возможных уровней воды, рассчитанных перечисленными методами, с данными наблюдений, выполненное после прохождения паводка, свидетельствует о достаточно высокой точности выполненных расчетов [10].

Непосредственно во время прохождения паводка в устьевой области Амура осуществлялась авторская поддержка оперативных прогнозов изменений уровня воды по методу [13]. Метод предусматривает краткосрочный прогноз (с заблаговременностью до 48 часов) колебаний суммарного уровня воды, включающего его стоковую, приливную и сгонно-нагонную составляющие, в г. Николаевске-на-Амуре, в Амурском лимане и в южной части Сахалинского залива.

Прогнозы о возможности возникновения в устьевой области Амура штормового нагона 4–5 октября 2013 г. были рассчитаны с заблаговременностью 30–42 часа. По результатам прогнозов было составлено штормовое предупреждение, переданное в руководящие органы, и размещенное на сайте Дальневосточного управления по гидрометеорологии.

Прогнозы полностью оправдались как по величине явления, так и по времени его формирования.

В настоящее время созданы и введены в эксплуатацию технологии подготовки новых видов спутниковой информационной продукции, в том числе технология оперативного спутникового мониторинга наводнения в бассейне р. Амур.

3.3. Оперативный прогноз уровней воды на реке Амур

В многоводные годы паводочный режим стока рек бассейна Амура создает серьезную угрозу населению и хозяйственным объектам территории. Вызванные прохождением высоких дождевых паводков наводнения могут привести к человеческим жертвам и значительным социально-экономическим ущербам (например, наводнение 2013 года). Это обусловило необходимость разработки методик краткосрочного прогнозирования опасных паводков на основе использования современных данных наблюдений за водным режимом рек бассейна.

Главной фазой водного режима рек являются дождевые паводки, наблюдающиеся в теплое время года. На паводочный период приходится большая часть годового стока. Большая часть паводков проходит с июля по сентябрь, но бывают и июньские, и октябрьские паводки. Майские паводки имеют обычно смешанное снегово-дождевое происхождение. Число паводков сильно меняется от года к году, в среднем за летнее осенний период проходит до 15 паводков. Второй важной фазой водного режима является снеговое половодье, характерное для всех рек бассейна. Весеннее половодье длится в среднем 20–30 дней, начинаясь в первой половине апреля и заканчиваясь во второй половине мая. Интенсивность подъема уровней воды во время половодья меньше, чем в периоды прохождения паводков. Объем стока весеннего половодья в среднем составляет около 15 % от общего объема годового стока. Летняя межень у рек Амурского бассейна обычно не

выражена. Паводочный период, как правило, накладывается на половодье, промежутки между паводками относительно не велики. Осенью с уменьшением количества осадков водность рек снижается. Зимой реки полностью переходят на подземное питание. Доля зимнего стока крайне мала – менее 5 % от годового, что связано с суровостью. Динамика средних месячных уровней воды р. Амур у Хабаровска за сентябрь, усредненных по скользящим пятилеткам, и параллельные ветви спада циклов групп маловодных и многоводных лет (пунктир) за 1901 –2011 гг[26].

Характерной особенностью волны паводка на устьевом участке Амура является отсутствие его четко выраженного гребня. Очевидно, что основной причиной этого является влияние моря. Даже в с. Богородском, расположенном в 238 км от Амурского лимана, заметны искажения хода уровня воды, вызванные морскими приливами и штормовыми нагонами, сформировавшимися на устьевом взморье реки. Для некоторых ситуаций отчетливо прослеживается распространение длинной волны от моря вверх по устьевому участку реки.

Приливные и нагонные волны, распространяющиеся на устьевом участке Амура, при значительном стоке реки быстро затухают. Тем не менее, в г. Николаевске-на-Амуре приливы и штормовые нагоны были хорошо выражены даже при прохождении экстраординарного паводка. Это не противоречит доказанным ранее фактам влияния величины стока Амура на характеристики приливов и нагонов на устьевом участке реки [8,39], так как зависимость величины приливов и нагонов от стока является нелинейной. Для учета взаимодействия морских и речных процессов в устьевой области Амура в оперативной работе по обеспечению противопаводковых мероприятий в данном районе применяются океанологические методы и технологии.

С помощью численного гидродинамического моделирования [17] 10 сентября 2013 г. оценивалась величина наибольших возможных значений

уровня воды в Амурском лимане и г. Николаевске-на-Амуре для трех вероятных сценариев развития событий:

- изменения уровня воды определяются только стоком реки и приливами;
- при наличии приливов во время прохождения пика паводка формируется умеренный штормовой нагон;
- при наличии приливов во время прохождения пика паводка возникнет катастрофический штормовой нагон.

Сравнение значений приливных и наибольших возможных уровней воды, рассчитанных перечисленными методами, с данными наблюдений, выполненное после прохождения паводка, свидетельствует о достаточно высокой точности выполненных расчетов [2].

Непосредственно во время прохождения паводка в устьевой области Амура осуществлялась авторская поддержка оперативных прогнозов изменений уровня воды по методу Дальневосточного научно-исследовательского гидрометеорологического института [16]. Метод предусматривает краткосрочный прогноз (с заблаговременностью до 48 часов) колебаний суммарного уровня воды, включающего его стокую, приливную и стонно-нагонную составляющие, в г. Николаевске-на-Амуре, в Амурском лимане и в южной части Сахалинского залива.

Прогнозы о возможности возникновения в устьевой области Амура штормового нагона 4-5 октября были рассчитаны с заблаговременностью 30-42 часа. По результатам прогнозов было составлено штормовое предупреждение, переданное в руководящие органы, и размещенное на сайте Дальневосточного управления гидрометеослужбы.

Прогнозы полностью оправдались как по величине явления, так и по времени его формирования.

На рис. 26 представлена динамика наивысших годовых уровней воды р. Амур у Хабаровска за 1901 -2011 гг. с изображением полиномиальной линии тренда. По данным расчетов гидрологов-прогнозистов Хабаровского

гидрометцентра (под руководством Е. П. Тетерятниковой [3]) была получена оценка влияния стока р. Зея (с учетом ГЭС) на водность Амура у Хабаровска – около 20% объема паводка при прочих равных условиях. Согласно данным Росгидромета [6], сток р. Зея в первую декаду августа 2013 г. составил 30% объема паводка на Амуре при уровне воды у Хабаровска на 1 августа 403 см.

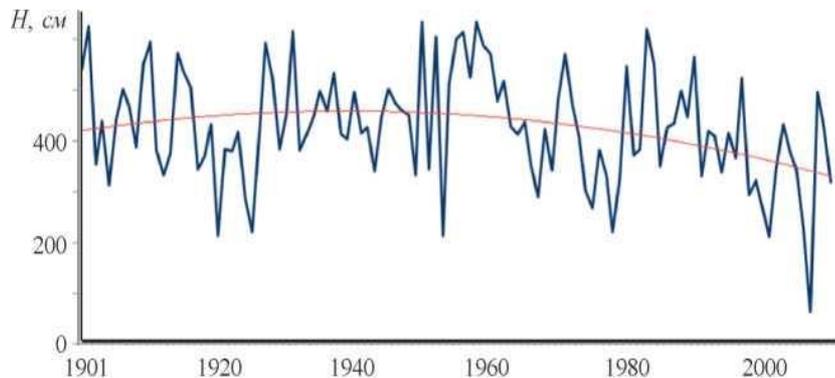


Рис. 26. Динамика наивысших годовых уровней воды р. Амур у Хабаровска за 1901 -2011 гг.

Красная линия – полиномиальная линия тренда[6].

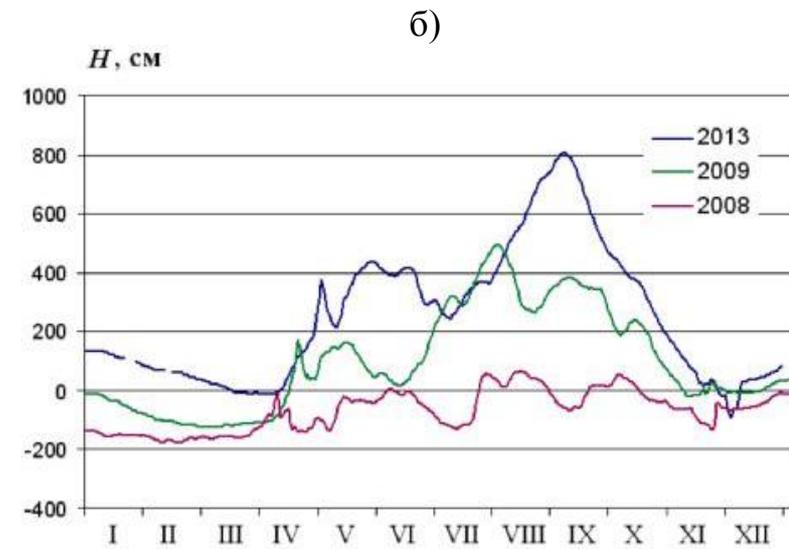
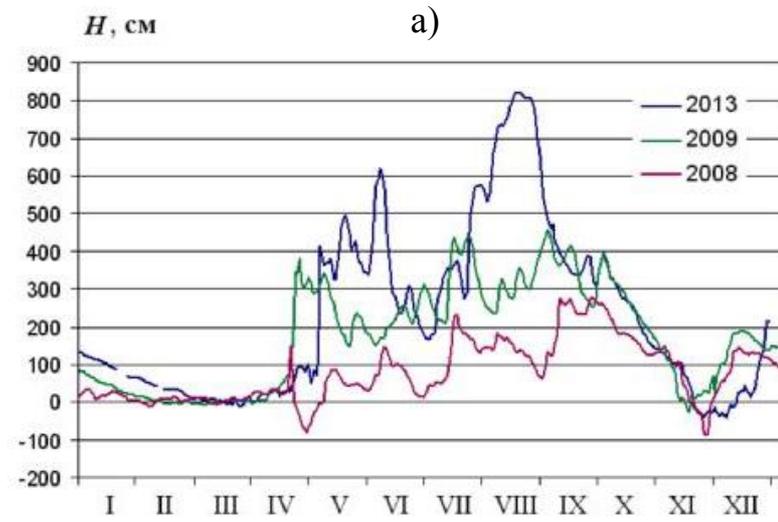
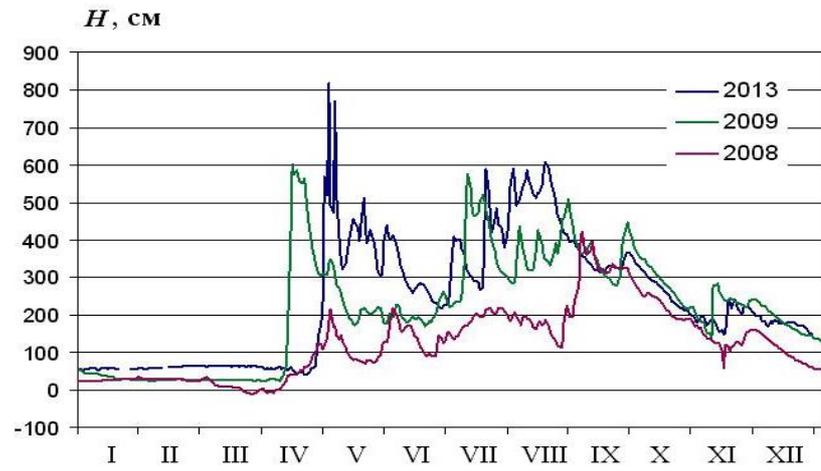
Установлено [22-24], что в годы перед катастрофическим наводнением 2013 г. складывались предпосылки к изменению тенденции общего уменьшения наивысших годовых уровней воды на противоположную.

Во-первых, средние уровни воды за сентябрь, являясь интегральной характеристикой водного режима Амура, имеют значимую корреляцию с наивысшими годовыми уровнями ($R = 0,68$). Во-вторых, уровень воды в Амуре в сентябре характеризуют исключительно дождевые паводки (т. е. без участия талого стока), что дает возможность оценивать в паводочном режиме Амура периодичность многоводных лет с наводнениями и маловодных лет с продолжительной летне–осенней меженью. Начиная с многоводных 1950-х годов на графике выделяются два значительных тренда с общей тенденцией понижения уровня воды: по наибольшей продолжительности тенденции понижения уровней (около 25 лет) и наибольшей амплитуде понижения уровней за данный период наблюдений (около 3,5 м).

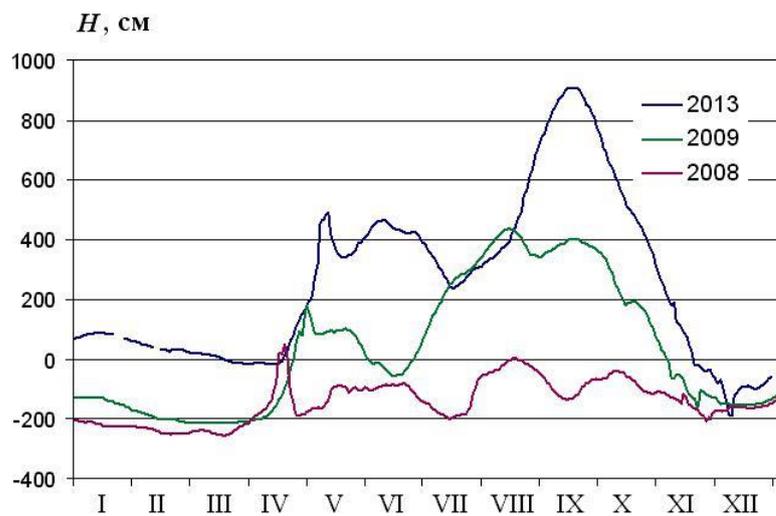
Результаты анализа водного режима Амура и закономерности в смене циклов маловодных и многоводных лет позволили сделать следующий вывод относительно катастрофического наводнения в 2013 г. Так, уже в 2008 г. после продолжительной летне–осенней межени с экстремально низкой отметкой годового максимума у Хабаровска (63 см) следовало ожидать естественного процесса саморегуляции водной артерии Амура в виде прохождения в ближайшие годы очень высокой паводочной волны. В связи с этим возникала вероятность достижения на пике ожидаемого паводка у Хабаровска высокого исторического горизонта за весь период систематических наблюдений (начиная с 1896 г.). Определенная степень достоверности угрозы возникающих чрезвычайных ситуаций из-за возможного затопления многих хозяйственных объектов обуславливалась “вхождением” Амура (согласно установленной цикличности годовых максимумов) в 2012 г. на ветвь резкого подъема уровня воды. Однако для Амура, как крупной водной артерии, обширное и длительное затопление высокой поймы в 2013 г. представляло собой естественный природный процесс возобновления (после катастрофической летней межени 2008 г.) обычного в пределах многолетней амплитуды колебания (430 см за 1896 -2014 гг.) режима годовых максимумов паводочных волн [20].

Гидрограф стока Нижнего Амура представляет собой чередование 3–4 сглаженных и достаточно продолжительных паводочных волн, сформированных в результате суперпозиции отдельных паводков, идущих как с верховьев, так и с близлежащих притоков (рис. 27).

В многолетнем плане для рек бассейна Амура характерно чередование фаз повышенной и пониженной водности. Различия в стоке за многоводный и маловодный год на реке Амур существенны и могут достигать 1,5–2 раза на Верхнем и Среднем Амуре и 2,5–3,5 раза на Нижнем Амуре.



B)



г)

Рис. 27. Графики колебаний уровней воды на реке Амур в разные по водности годы: р. Амур - с. Джалинда (а); р. Амур - г. Благовещенск (б); р. Амур - г. Хабаровск (в); р. Амур - г. Комсомольск-на-Амуре (г) [25].

В настоящее время гидрологи – прогнозисты Гидрометцентра России располагают достаточно надежными методиками прогнозирования расходов (уровней) воды, основанными на математическом моделировании как процессов перемещения волн паводков в руслах рек, так и процессов формирования стока на водосборе с использованием метеорологических данных, и детальном математическом описании трансформации волн паводков в руслах рек, [20,30].

Однако для бассейна реки Амур ввиду неоднородных физико-географических условий формирования стока в различных его частях заметна недостаточность данных гидрометеорологических наблюдений, особенно в горных районах (в верховьях рек – притоков Амура), где сложный характер распределения осадков и снежного покрова затрудняет получить необходимый их объем с помощью интерполяции метеорологических характеристик по имеющимся данным наблюдений.

В связи с трансграничным положением реки Амур, на большинстве гидрологических постов реки имеются данные наблюдений только за

$$H_H(t + \tau) = a_0 + a_1 H_B(t) + a_2 H_H(t), \quad (1)$$

где H_B - уровень воды на верхнем посту;

H_H - уровень воды на нижнем посту;

τ - расчетное время добегаания;

a_i - коэффициенты, определяемые методом наименьших квадратов.

Осреднение данных гидрометрических наблюдений с шагом в сутки приводит к ошибке расчетного времени добегаания до ± 1 сут. Вследствие этого зависимость времени добегаания паводка от уровня воды на верхнем посту приобретает характер поля точек, по которому можно выявить лишь тенденцию к уменьшению времени добегаания с увеличением высоты паводка. Для получения расчетного времени добегаания проводилось осреднение его оценок по определенным интервалам уровня воды [21].

Анализ данных соответственных уровней воды показал, что для всех исследуемых участков реки Амур возможно применение описанного выше варианта методики (без учета боковой приточности на участке реки между верхним и нижним постами). Это связано с тесной зависимостью уровней воды верхнего и нижнего поста – на всех участках парный коэффициент корреляции между соответственными уровнями воды больше 0,95, а также с незначительным в большинстве случаев вкладом бокового притока в сток основной реки. В табл. 4 для всех 15 участков реки Амур представлены значения коэффициентов прогностических зависимостей a_i , расчетного времени добегаания τ , а также длины рядов соответственных уровней.

В целях получения для основных постов на реке Амур (г. Благовещенск, г. Хабаровск и г. Комсомольск-на-Амуре) прогнозов уровней воды с большей заблаговременностью было выделено несколько участков с постепенным увеличением расстояния между верхним и нижним постами. Для этих участков отдельно по описанной выше схеме строились методики прогноза. В табл. 5 представлены значения коэффициентов полученных

прогностических зависимостей a_i , расчетного времени добегания τ , а также длины рядов соответственных уровней для рассматриваемых участков.

$$N_H(t + \tau) = 0,31 N_B(t) + 0,74 N_H(t) - 0,02 ; \quad (2)$$

$$R = 0,99;$$

При наличии значительного притока его водность учитывается дополнительно, а схема прогноза усложняется [19] Для двух выбранных участков была использована прогностическая зависимость вида:

$$N_H(t) = a_0 + a_1 N_B(t - \tau_1) + a_2 N_H(t - \tau_1) + a_3 N_{\Pi}(t - \tau_2) \quad (3)$$

где N_B - уровень воды на верхнем посту;

N_H - уровень воды на нижнем посту;

N_{Π} - уровень воды на притоке;

τ_1 - расчетное время добегания от верхнего поста до нижнего поста;

τ_2 - расчетное время добегания от поста на притоке до нижнего поста;

a_i - коэффициенты, определяемые методом наименьших квадратов.

Зависимость такого вида учитывает не только колебания уровней воды на верхних постах основной реки и притока, но и содержит в себе инерционный прогноз.

На участке реки Амур от г. Благовещенска до с. Константиновки вследствие примерно одинакового расстояния от верхних постов на основной реке и на притоке до нижнего поста было принято единое время добегания ($\tau_1 = \tau_2 = 1$ сут) [37,38]. На участке реки Амур от г. Ленинска до г. Хабаровска время добегания τ_1 и τ_2 различно, поскольку пост на притоке расположен примерно вдвое ближе, чем верхний пост на основной реке. В табл. 6 представлены значения коэффициентов полученных прогностических зависимостей a_i , расчетного времени добегания τ_1 и τ_2 , а также длины рядов соответственных уровней [23].

Таблица 4 [19]

Параметры зависимостей прогноза уровней воды на участках реки Амур без учета боковой приточности с заблаговременностью 1–2 суток

Участок реки	a_0	a_1	a_2	τ , сут	N
с. Покровка - с. Джалинда	15,2	0,51	0,59	1	53
с. Джалинда - с. Черняево	-30,4	0,58	0,49	1 ($H_B > 300$ см) 2 ($H_B \leq 300$ см)	69
с. Черняево - с. Кумара	-0,02	0,31	0,74	1 ($H_B > 200$ см) 2 ($H_B \leq 200$ см)	57
с. Кумара - с. Сергеевка	-15,9	0,42	0,67	1	55
с. Сергеевка - г. Благовещенск	7,33	0,23	0,72	1	62
г. Благовещенск - с. Константиновка	9,63	0,23	0,80	1	80
с. Константиновка - с. Иннокентьевка	0,21	0,25	0,80	1 ($H_B > 130$ см) 2 ($H_B \leq 130$ см)	74
с. Иннокентьевка - с. Пашково	159	0,68	0,49	1	70
с. Пашково - с. Нагибово	-20,6	0,16	0,80	1	61
с. Нагибово - с. Ленинск	-30,3	0,12	0,91	1 ($H_B > 350$ см) 2 ($H_B \leq 350$ см)	65
с. Ленинск - г. Хабаровск	-25,8	0,13	0,86	2	55
г. Хабаровск - с. Елабуга	3,67	0,13	0,86	1	43
с. Елабуга - с. Троицкое	-9,53	0,19	0,77	1	44
с. Троицкое - с. Малмыж	6,94	-0,19	1,16	1	39
с. Малмыж - г. Комсомольск	0,42	0,24	0,78	1	35

Таблица 5 [19]

Параметры зависимостей прогноза уровней воды для основных постов на реке Амур с увеличенной заблаговременностью (без учета боковой приточности)

Участок реки	a_0	a_1	a_2	τ , сут	N
с. Покровка - г. Благовещенск	-4,72	0,64	0,47	5 ($H_B > 150$ см) 6 ($H_B \leq 150$ см)	49
с. Джалинда - г. Благовещенск	-46,3	0,58	0,58	4 ($H_B > 200$ см) 5 ($H_B \leq 200$ см)	70
с. Черняево - г. Благовещенск	-12,9	0,53	0,56	3	69
с. Кумара - г. Благовещенск	-2,07	0,26	0,75	1 ($H_B > 320$ см) 2 ($H_B \leq 320$ см)	54
г. Благовещенск - с. Пашково	217	0,88	0,49	3	68
с. Пашково - г. Хабаровск	-115	0,20	0,74	4 ($H_B > 590$ см) 5 ($H_B \leq 590$ см)	51
с. Нагибово - г. Хабаровск	-93,0	0,25	0,75	3 ($H_B > 450$ см) 4 ($H_B \leq 450$ см)	60
г. Хабаровск - г. Комсомольск	-29,1	0,55	0,54	4	41
с. Елабуга - г. Комсомольск	-45,3	0,64	0,47	3	42
с. Троицкое - г. Комсомольск	-14,1	0,66	0,55	2	33

Начиная с июля 2014 года разработанные методики выпуска краткосрочных прогнозов уровней воды на реке Амур были внедрены в оперативный режим работы. С этой целью предварительно было разработано программное обеспечение, реализующее разработанные методики, которое затем было встроено в подсистему расчета и выпуска прогнозов бассейновой автоматизированной системы краткосрочного прогнозирования «Амур».

Система прогнозирования в полностью автоматическом режиме осуществляет сбор, первичный контроль и обработку всей гидрометеорологической информации, измеряемой на сети станций и постов Росгидромета в бассейне р. Амур, затем осуществляется составление и выпуск краткосрочных прогнозов уровня воды на постах р. Амур[28].

Таблица 6 [18]

Параметры зависимостей прогноза уровней воды на некоторых приточных участках реки Амур

Участок реки	a_0	a_1	a_2	a_3	N	ϕ_1 , сут	ϕ_2 , сут
г. Благовещенск (р. Зея - г. Благовещенск) - с. Константиновка	28,6	0,27	0,39	0,44	67	1	1
с. Ленинск (р. Уссури - с. Новосветское) - г. Хабаровск	-123	0,38	0,42	0,25	25	2	1

Заключительный этап работы системы прогнозирования осуществляет подсистема визуализации прогнозов и доведение прогностических продуктов (карт, графиков, таблиц) до пользователей с использованием ГИС технологий и сети Интернет[22].

Таким образом ежедневно прогноз уровней воды на р. Амур рассчитывался и передавался в оперативно-прогностическое учреждение Росгидромета, ответственное за выпуск прогнозов в бассейне реки (Гидрометцентр г. Хабаровска) [22]. Оправдываемость краткосрочных и среднесрочных гидрометеорологических прогнозов, выпущенных по территории Приамурья в период наводнения, составила 90-96 %. Заблаговременность прогнозов о превышении опасных уровней воды составила в Амурской области 2-5 дней, в Еврейской автономной области и Хабаровском крае 7-10 дней.

В последующем для каждого участка реки в период с июля по сентябрь 2014 года была рассчитана оправдываемость полученных прогнозов уровней воды, которая представляет собой процент ошибок прогноза, не превосходящих допустимую ошибку $0,674\sigma \Delta$. Для тех участков реки Амур, где наиболее выражен паводочный режим стока, т. е. чередование отдельных паводочных пиков с резким подъемом, а также на участке реки Амур от г. Хабаровска до г. Благовещенска оправдываемость полученных прогнозов уровней воды максимальна (90–95 %). В среднем течении Амура, где происходит изменение характера паводочного режима и заметно снижается погрешность инерционного прогноза $\sigma \Delta$, оправдываемость прогнозов несколько снижается.

Разработанные методики краткосрочного прогноза уровня воды на створах р. Амур были внедрены в оперативный режим в июле 2014 года в рамках бассейновой автоматизированной системы выпуска краткосрочных прогнозов паводкового стока в бассейне р. Амур. Составление и выпуск прогнозов осуществлялся полностью в автоматизированном режиме в 01.00 ч ВСВ. После выпуска прогноза происходило формирование прогностической продукции в виде карт, графиков и таблиц и ее доведение в центр прогнозирования Гидрометцентра г. Хабаровска.

В рамках реализации Технического проекта восстановления, модернизации и развития гидрометеорологической сети наблюдений и системы гидрологического прогнозирования в бассейне р. Амур ведутся работы по установке автоматических гидрометрических комплексов на реках бассейна. В связи с этим дальнейшие работы по усовершенствованию методов прогнозирования на р. Амур будут связаны с использованием учащенных данных гидрологических наблюдений как на этапе разработки методик, так и в режиме реального времени на этапе выпуска оперативных прогнозов.

Заключение

Летом на реке Амур наблюдался исторический максимальный уровень паводка. Режим ЧС Федерального уровня был введен 7 августа 2013 год и снят 27 сентября 2013 года. Причиной данной ситуации явились экстремально высокие уровни подъема воды на реке Амур, вызванные сильными дождями.

Определяющим фактором в развитии атмосферных процессов летом 2013 г. явилось положение мощного и обширного Тихоокеанского антициклона (Гавайского максимума), практически занимавшего весь север Тихого океана. Аномальное положение Гавайского антициклона - смещение центра на запад, в центральные районы Тихого океана – привело к формированию мощного тропосферного гребня над Охотским морем, который блокировал продвижение циклонов на восток, обеспечивая поступление в восточные районы России и на северо-восток Китая влажного тропического воздуха в зоне действия полярного фронта. Все циклоны, участвовавшие в формировании паводковых ситуаций, не имели тихоокеанского происхождения, а приходили в муссонный регион с запада, из континентальных районов, и перемещались вдоль Амура, что наблюдается крайне редко.

Выявлены сопутствующие причины: высокая степень увлажнения бассейна осенью 2012 г.; экстремально большое количество дождевых осадков, выпавших по всему бассейну на территории Российской Федерации и Китая за июнь–август 2013 г., превосходившее норму до 2–2,5 раз, а по ряду станций - годовую норму. Отмечалась синхронность прохождения волны паводка по Амуру и его притокам – максимумы паводка по притокам совпадали с прохождением гребня основной волны паводка по Амуру, в результате сформировался катастрофический паводок. Уровень воды на среднем и нижнем Амуре значительно превысил его максимальные значения, наблюдавшиеся ранее за многолетний период времени. Например, в

Хабаровске уровень воды над нулем графика достиг отметки 808 см при историческом (более чем за 120 лет) максимуме 642 см, в Комсомольске-на-Амуре – 912 см при историческом максимуме 701 см. Большая протяженность защитных дамб, построенных в самые последние годы вдоль китайского берега Амура, не позволила амурской паводковой воде выйти на китайскую пойменную территорию и тем самым усугубила резкий подъем воды на российском берегу.

Обобщая опыт проведения спасательных работ, для предотвращения негативного воздействия паводков было принято решение разработать комплекс мер, выводящих людей и капитальные постройки из зоны возможного затопления, а также принять нормативно-правовые акты, регламентирующие использование пойменных земель, находящихся в зоне воздействия паводка. Принято решение разработать комплексные технические проекты восстановления, модернизации и развития наблюдательной гидрологической сети для рек Зeya, Бурея, Уssури и бассейна Амура в целом которое начало реализовываться на практике.

Государственной комиссией было поручено разработка и дальнейшее принятие научной и нормативной базы, регламентирующей использование поймы и проведение противопаводковых мероприятий, с последующим включением в Схемы комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО), разрабатываемые для крупных речных бассейнов России. Важно определить населенные пункты, для которых целесообразно создание противопаводковых дамб, а также обеспечить скорейшую разработку нормативных актов по определению зон затопления, рациональному и безопасному использованию потенциально затапливаемых территорий, созданию системы страхования в паводкоопасных районах.

Важным аспектом предотвращения ущерба от паводка для трансграничных рек, в частности для Амура, должно стать налаживание оперативного обмена информацией о паводковой ситуации с пограничными государствами. Следует заключить международные соглашения,

позволяющие наладить обмен оперативной информацией о паводковой ситуации в трансграничных бассейнах.

Проводя оценку чрезвычайной ситуации, следует вспомнить о том, что на реке Амур весной 2008г. наблюдалась другая, противоположная картина, когда уровень воды резко понизился и достиг исторического минимума, создавая сложности для судоходства на отдельных участках. Вполне возможно, что условия 2008 г. и 2013 г. отражают тенденции современных климатических изменений, и экстремальные ситуации, связанные с крайне низкими и/или высокими уровнями воды в р.Амур, могут повториться в будущем.

Список литературы.

1. Агеева С.А., Бобрикова И.В., Вербицкая Е.М., Ефремова Н.Ф., Романский С.О. Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение «Дальневосточное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ФГБУ «Дальневосточное УГМС»).
2. Бережная Т. В., Голубев А. Д., Паршина Л. Н. Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в июле 2013 г. - Метеорология и гидрология, 2013. - № 10. - С. 114-123.
3. Бережная Т. В., Голубев А. Д., Паршина Л. Н. Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в августе 2013 г. - Метеорология и гидрология, 2013. - № 11. - С. 109-117.
4. Водогрецкий В.Е., Г.В.Голофаст Общий обзор водного режима рек // Водные ресурсы рек зоны БАМ. - Л.: Гидрометеиздат. - 1977. - С. 6-17.
5. Гарцман Б.И. Дождевые паводки на реках Дальнего Востока: методы расчетов, прогнозов, оценок риска. - Владивосток: Дальнаука, 2008. - 223 с.
6. Ефремова Н. Ф. Анализ многолетних колебаний годового стока рек бассейна Амура // Труды Дальневосточного научноисследовательского гидрометеорологического института - 1992. - № 137. - С. 59-63.

7. Козловский В. Б. О распространении приливов на устьевом участке р. Амур в безледный период // Труды ГОИН. - 1979. - № 143. - С. 66-70.
8. Козловский В. Б. О распространении приливов на устьевом участке р. Амур в безледный период // Труды ГОИН. - 1979. - № 143. - С. 77-82.
9. Корень В.И., Бельчиков В.А. Методические указания по использованию методов краткосрочных прогнозов ежедневных расходов (уровней) воды для речных систем на основе математических моделей. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 176 с.
10. Любицкий Ю. В. Об участии ФГБУ «ДВНИГМИ» в оперативных мероприятиях по прогнозированию уровня воды в устьевой области Амура во время катастрофического наводнения 2013 г. // Труды ДВНИГМИ. - 2014. - № 155. - С. 40-52.
11. Меняется ли климат: причина наводнения на востоке России // Гидрометеоцентр России. - 2013. - 144с.
12. Мордовин А.М. Годовой и сезонный сток рек бассейна Амура. – Хабаровск: Изд-во Институт водных и экологических проблем ХНЦ ДВО РАН, 1996. - 72 с.
13. Метод и технология прогноза штормовых нагонов в Амурском лимане и Сахалинском заливе / Любицкий Ю. В., Вербицкая Е. М., Вербицкая З. В. [и др.] // ДВНИГМИ - 60 лет. - Владивосток: Дальнаука, 2010. - С. 57-73.
14. Наводнение 2013 / под ред. А. С. Гаркин, И. Ю. Коренюк, С. А. - п. Талакан: ОАО «РусГидро», 2014. – 144 с.
15. Петросянц М. А. Синоптическая метеорология тропиков // Достижения в области гидрометеорологии и контроля природной среды. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 154 с.

16. Пономарева Т. Г. Процессы проникновения приливных волн в устье р. Амур // Труды ДВНИГМИ. - 1992. - № 137. - С. 179-184.
17. Пономарева Т. Г. Процессы проникновения приливных волн в устье р. Амур // Труды ДВНИГМИ. - 1992. - № 137. - С. 198-203.
18. Потапов И. И. Математическое моделирование гидродинамических и русловых процессов реки Амур // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2011. - № 4.- ч. 5. - С. 2438-2439.
19. Руководство по гидрологическим прогнозам. Краткосрочный прогноз расхода и уровня воды на реках. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. - № 2. - 245 с.
20. Ресурсы поверхностных вод СССР. Верхний и Средний Амур. Основные гидрологические характеристики. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. - Т. 18. - № 1. - 781 с.
21. Ресурсы поверхностных вод СССР. Верхний и Средний Амур. - Л.: Гидрометеиздат, 1966. - Т. 18. - № 1. - 782 с.
22. Ресурсы поверхностных вод СССР. Дальний Восток. Нижний Амур (от с. Помпеевки до устья). – Л.: Гидрометеиздат, 1970. -Т.18. - № 2. - 592 с.
23. Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижний Амур. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - Т. 18. - № 2. - 592 с.
24. Синоптические условия формирования катастрофического наводнения на Амуре в 2013г / Е.К. Семенова и др. // Метеорология и гидрология. - 2014, - №8. - С. 25-34.
25. Соколова Г. В., Бабурин А. А., Верхотуров А. Л. Водный режим Амура и динамика лесопокрытой площади на речных водосборах в условиях изменяющегося климата // Дружининские чтения - Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях

глобального изменения климата. - Хабаровск: Изд-во ИВЭП ДВО РАН, 2014. - С. 141 -145.

26. Соколова Г. В. Гидрологический режим водосборов Амура как критерий экологической роли леса // Регионы нового освоения: ресурсный потенциал и инновационные пути его использования. - Хабаровск: Изд-во ИВЭП ДВО РАН, 2011. - С. 60 -62.
27. Соколова Г. В. Наводнения, лесные пожары и рубки, влияющие на изменчивость ландшафтов // Регионы нового освоения: теоретические и практические вопросы изучения и сохранения биологического и ландшафтного разнообразия. - Хабаровск: Изд-во ИВЭП ДВО РАН, 2012. - С. 320 – 324.
28. Тетерятникова Е. П. Проблемы долгосрочных гидрологических прогнозов в бассейне р. Амура на основе учета аэросиноптических материалов. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 104 с.
29. “Тихоокеанская звезда”. - М.: ТЕРРА, 2013 - № 154. - С. 2.
30. Федорей В. Г. Общая характеристика рек бассейна Амура. - М.: ДВНИГМИ, 1959. - 154 с.
31. Хромов С. Л., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. - М.: Наука, 2006. - 582 с.
32. Хромов С. П. Основы синоптической метеорологии. - Л.: Гидрометеиздат, 1948. - 562 с.
33. Христофоров А.В. Надежность расчетов речного стока. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. - 166 с.
34. [Электронный ресурс]. - URL:
<http://fb.ru/article/185267/reka-amur>(дата обращения 22.05.15).
35. [Электронный ресурс]. - URL:
<http://text.tr200.biz/> (дата обращения 22.05.15).

36. [Электронный ресурс]. - URL:

http://amurstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/amurstat/ru/statistics/
(дата обращения 22.05.15).

37. [Электронный ресурс]. - URL:

http://depere.ucoz.ru/news/amur_reka_v_vostochnoj_azii/
(дата обращения 22.05.15).

38. [Электронный ресурс]. - URL:

<http://waterresourceclub.ru/amur.html> (дата обращения 22.05.15).

39. [Электронный ресурс]. - URL:

<http://www.rgo.ru/ru/article/amur-reka-zhivushchaya-po-svoim-zakonom>
(дата обращения 20.09.15).

40. [Электронный ресурс]. - URL:

<http://www.meteorf.ru/press/news/5054/> (дата обращения 05.04.16).

41. [Электронный ресурс]. - URL:

<http://ria.ru/society/20150430/1061791328.html>
(дата обращения 20.04.16).

42. [Электронный ресурс]. - URL:

<http://www.meteoinfo.ru/news/> (дата обращения 22.05.16).