

УДК 556.52:627.51

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ДАМБ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАВОДКОВОГО СТОКА

© 2016 г. А.В. Шаликовский

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Восточный филиал, г. Чита, Россия

Ключевые слова: наводнение, паводкорегулирующая функция пойм, защита от наводнений, регулирование стока, защитная дамба, управление риском наводнений, управление использованием пойм.

Рассмотрен эффект регулирования паводков речными поймами, охарактеризован механизм трансформации паводковых волн русловой сетью бассейна в естественном режиме и при обваловании пойм. Обоснована возможность использования емкости дамб для срезки пика паводков в чрезвычайных ситуациях, проанализирован опыт КНР в этом вопросе. Представлено теоретическое обоснование управления емкостью русловой сети за счет заранее спланированного затопления «защищенных» участков поймы. Разработана соответствующая методика, включающая построение расчетных гидрографов максимального стока, одновременное моделирование прохождения волны паводка и заполнения емкости дамб, уточнение параметров водопропускных сооружений в теле дамб.

Сформулированы предложения по проектированию пойменных емкостей и дамб, предназначенных для регулирования паводкового стока. В качестве примера рассмотрена р. Ингода (Забайкальский край), для которой характерно прохождение максимальных расходов паводков в различных створах за счет регулирующего влияния русла и поймы. Для данной реки представлено сопоставление прохождения реального паводка с результатами моделирования в условиях использования пойменных регулирующих емкостей. Предварительные результаты свидетельствуют о принципиальной возможности использования емкости дамб в условиях чрезвычайных ситуаций.



А.В. Шаликовский

Нарастание или снижение максимальных расходов паводка на участке реки в основном определяется отношением притока воды и ее аккумуляцией в русловой сети. Русловая сеть бассейна «функционирует» как водохранилище, отличие заключается лишь в том, что максимум расхода в замыкающем створе реки (или ее участка) отстает по времени от максимума объема воды (в водохранилище эти моменты совпадают) [1].

Регулирующая способность пойм обусловлена их следующими функциями:

– гидрологический эффект основан на том, что площадь поверхности поймы превышает площадь постоянного русла и при ее затоплении значительные объемы воды расходятся на заполнение пойменной емкости;

– гидрогеологическая функция паводкоопасных территорий проявляется в восполнении запасов подземных вод при затоплении пойм. В отдельных случаях потери стока на насыщение водой объемов рыхлых или трещиноватых горных пород поймы и берега долины могут быть столь значительными, что речь идет о «береговом» или «грунтовым» регулировании речного стока [2].

Таким образом, в наибольшей степени на паводкорегулирующий эффект влияет ширина поймы, т. к. при ее затоплении наблюдается значительное возрастание русловых запасов воды и потерь стока на инфильтрацию, что приводит к снижению паводковых расходов воды и к расплыванию гидрографа паводка. Например, емкость пойм основных рек бассейна р. Амур оценивается в 160 км³ [3] и они сыграли неоценимую роль в трансформации паводка 2013 г., временно аккумулировав объем воды больше, чем все существующие и планируемые к строительству водохранилища.

Охарактеризованная выше паводкорегулирующая функция пойм может в значительной мере утрачиваться при их хозяйственном освоении, а в наибольшей степени – при защите территорий с использованием дамб. По сравнению с естественными условиями при обваловании прекращается временная аккумуляция части воды в пределах поймы, поэтому в случае значительной доли обвалованных пойм может наблюдаться заметное возрастание максимальных расходов и, следовательно, уровней [4].

Альтернативным или дополнительным способом может стать целенаправленное разрушение части дамб при прохождении катастрофических паводков. При этом затапливаются наименее ценные с экономической точки зрения территории, но одновременно обеспечивается снижение расхода реки ниже по течению. Этим достигается предупреждение прорыва дамб на иных участках речного бассейна [5, 6]. Данный способ защиты от наводнений достаточно широко применяется в Китае. Там его начали использовать более 4 тыс. лет назад, а около 2 тыс. лет назад (во времена династии Западная Хань) некто Цзя Ранг подал императору предложения, основанные на принципе «Не боритесь против воды» [7], которые заключались в следующем:

а) самый лучший метод – затопление наименее населенных местностей;

б) второй метод – строительство каналов, чтобы отвлекать паводковые воды;

в) наименее рекомендуемый метод – строительство дамб.

Исторические данные свидетельствуют о применении целенаправленных случаев затопления пойм в древнем Китае. Последующий рост населения и строительство водохранилищ привели к тому, что одамбованные пойменные емкости стали использоваться только во внеплановом режиме. Так, в 1998 г. разрушение дамб наблюдалось в разных речных бассейнах Китая. В бассейне р. Сунгари в результате прорыва дамб были затоплены обширные сельские территории, что привело к уменьшению максимального расхода примерно на 30 % и спасло от затопления г. Харбин. В период наводнения 2013 г. произошел прорыв трех дамб на китайской стороне р. Амур с затоплением более 1 тыс. км² поймы. Это привело к снижению скорости подъема уровня воды на несколько дней в районе г. Хабаровска. В 1998 г. после серии катастрофических наводнений в КНР был принят «Закон о защите от наводнений», который, в частности, установил правовые основы использования пойм. С этого времени началось переселение части сельских жителей с территории перспективных «пойменных емкостей» и разработка планов их использования. К 2012 г. в КНР были выделены пойменные противопаводковые емкости суммарным объемом 108 км³.

На наш взгляд, опыт КНР может быть использован в России при планировании и реализации мер по управлению риском наводнений в бассейнах рек с паводковым режимом стока.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЕМКОСТЬЮ РУСЛОВОЙ СЕТИ

Возможность снижения расходов проявляется при наличии на вышележащей части бассейна других одамбованных участков достаточно большой площади. Для этого в течение всего периода τ_{max} (рис. 1) прохождения паводка с расходами, превышающими предельное для данного створа значение Q^{np} , должен обеспечиваться отвод воды в емкости дамб. Забор воды следует осуществлять с некоторым опережением, учитывающим добегание воды по русловой сети.

Такая потенциальная возможность может быть реализована при обеспечении следующих условий:

- ущерб от затопления полей должен быть ниже ущерба, предупрежденного такими действиями;
- суммарная емкость одамбованных территорий должна превышать объем, подлежащий регулированию:

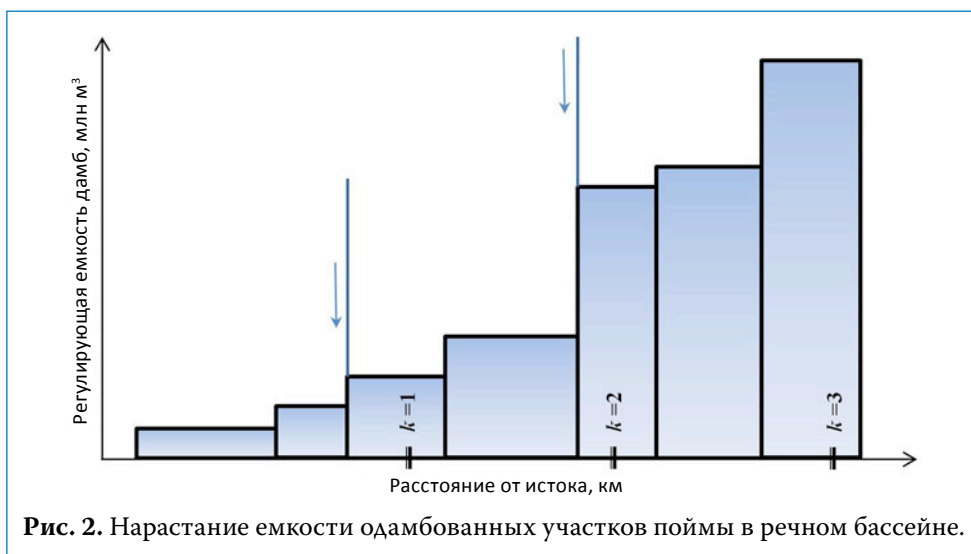
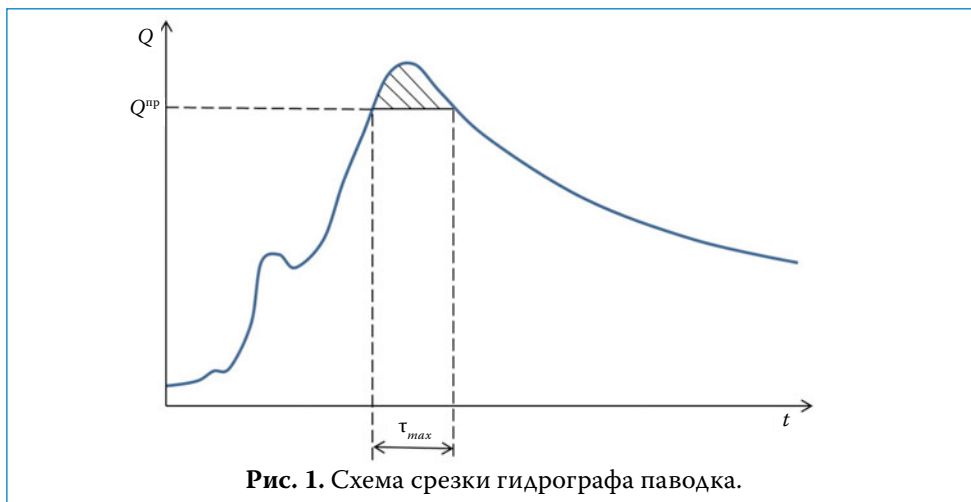
$$W_{k,p\%}^{np} < \sum_j \zeta_{k,j} W_j^{полн}, \quad (1)$$

где $W_{k,p\%}^{np}$ – объем p -ой обеспеченности, подлежащий задержанию выше k -го створа (определяется как горизонтально срезанная часть гидрографа паводка);

$W_j^{\text{план}}$ – объем емкости j -ой дамбы;

$\zeta_{k,j}$ – коэффициент связи k -го створа с j -ой дамбой (если $\zeta_{k,j} = 1$, то дамба расположена выше рассматриваемого створа; если $\zeta_{k,j} = 0$ – ниже).

Для выполнения оценки следует построить зависимости площади зеркала и объема воды от уровня для всех емкостей дамб, предполагаемых к использованию для регулирования стока, а затем построить график нарастания емкости дамб (рис. 2).



Оценка регулирования паводкового стока емкостями дамб дает ответ лишь о наличии такой принципиальной возможности, но не позволяет раз-

работать конкретный план. При его создании следует учитывать, что формирование паводкового стока и его трансформация в русловой сети могут происходить по различным сценариям. При схематизации гидрографа дождевого паводка, как правило, используется та же методология, что и для весеннего половодья. Такой подход приемлем для решения большинства практических задач, но в рассматриваемом случае использование единственной схемы не гарантирует, что при формировании паводка одной и той же обеспеченности по иному сценарию емкость дамб во всех частях бассейна окажется достаточной для регулирования. Для выхода из создавшегося положения следует разрабатывать несколько расчетных схем формирования паводка. Необходимо проанализировать ряды максимальных расходов по каждому из контрольных створов и выбрать по n паводков с минимальными обеспеченностями расходов. Таким образом, следует выбрать N лет, в которые наблюдались заметные паводки в разных частях рассматриваемого бассейна. Воспроизведение условий прохождения выбранных паводков возможно при наличии гидрографов стока во всех контрольных створах, в устьях притоков, в створах возможного регулирования стока, а также гидрографов склонового притока на участках между устьями притоков. В зависимости от конкретных условий для построения гидрографов стока могут использоваться данные наблюдений на постах, расчетные материалы, аналогии. Контролем правильности подготовки гидрологических данных является соответствие результатов моделирования неустановившегося движения воды действительной картине прохождения паводков.

Для составления расчетной схемы следует привести гидрографы реальных паводков к уровню событий крайне редкой повторяемости. В связи с тем, что отсутствуют какие-либо нормативы по установлению повторяемости событий, принятые в качестве расчетных для планирования мероприятий в период ЧС, целесообразно для одного и того же сценария формирования паводка рассматривать различные вероятности превышения его гидрологических характеристик. Поэтому для каждого из N ($\lambda = \overline{1, N}$) паводков, принятых за аналогии, следует:

а) выбрать из числа контрольных створов один (модельный), в котором наблюдался расход с самой низкой обеспеченностью максимального расхода;

б) для модельного створа построить расчетные гидрографы паводков различной вероятности превышения (от 1 % до 0,1 %);

в) для всех створов также построить расчетные гидрографы в предположении, что при рассматриваемом l -ом сценарии паводка в случае другой его обеспеченности гидрографы во всех створах сохранят свою форму, а координаты изменятся в той же пропорции, что и в модельном створе. Таким образом, координаты для паводка обеспеченностью p % устанавливаются по уравнениям:

$$Q_{j_i}^{p\%} = (K_Q \cdot Q_{j_i}^{p\%})_\lambda, \quad (2)$$

$$t_{j_i}^{p\%} = (K_t \cdot t_{j_i}^{p\%})_\lambda, \quad (3)$$

где K_Q – коэффициент, учитывающий различие максимальных расходов воды обеспеченностью $p\%$ от наблюдавшегося при λ -ом паводке;

K_t – коэффициент, учитывающий различие продолжительности указанных гидрографов.

Таким образом, в результате расчетов устанавливается N сценариев формирования паводков и для каждого из них разрабатывается вариант различной обеспеченности.

Возможны различные подходы к расчету трансформации паводка. При использовании гидродинамического способа для расчета используются уравнения неустановившегося движения воды в речном русле (уравнения Сен-Венана) [8]. В одномерной постановке они имеют вид:

$$i - \frac{\partial h}{\partial s} = \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\alpha}{2g} \cdot \frac{\partial (v^2)}{\partial s} + \frac{Q^2}{K^2}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial s} = q, \quad (5)$$

где i – уклон дна русла;

h и v – соответственно средняя глубина и скорость потока;

K – модуль расхода;

α – корректив кинетической энергии;

ω – площадь живого сечения потока.

Для моделирования движения волны паводка с использованием уравнений Сен-Венана к настоящему времени разработан целый ряд программных комплексов [9 – 11] и др. Однако при рассмотрении распространения паводка в сложной системе водотоков с отводом части стока в емкости дамб возникает неопределенность решения поставленной задачи из-за разрыва функции расхода в узлах слияния водотоков и забора воды в емкости. Обозначим индексом j створы отбора стока в емкости дамб, а μ – узлы слияния водотоков. И в тех, и в других узлах должен обеспечиваться баланс расходов (приток в узел равен стоку из него), а уровни воды не должны иметь разрыва. Эти условия могут быть записаны следующим образом:

для μ -го узла слияния

$$Q_\mu^1 = Q_\mu^2 + Q_\mu^3, \quad (6)$$

$$H_\mu^1 = H_\mu^2 = H_\mu^3, \quad (7)$$

для j -го створа дамб

$$Q_j^{\bar{1}} = Q_j^{\bar{2}} - Q_j^{\text{заб}}, \quad (8)$$

$$H_j^{\bar{1}} = H_j^{\bar{2}}. \quad (9)$$

Таким образом, на участках графа между соседними вершинами расчет паводка следует выполнять по (4)–(5) или по аналогичным уравнениям в двухмерной постановке, а в вершинах необходимо подбирать такие значения уровня воды, чтобы выполнялись тождества (6) и (8). Кроме приведенных выше уравнений (6)–(9) должны быть также заданы и другие граничные условия:

– гидрографы расходов во всех входных створах той части речного бассейна, для которой производится расчет

$$Q_{\text{вх}} = Q_{\text{вх}}(t); \quad (10)$$

– гидрографы притока на всех участках графа

$$q = q(s,t); \quad (11)$$

– гидрографы забора воды в емкости дамб

$$Q_j^{\text{заб}} = Q_j^{\text{заб}}(t). \quad (12)$$

Во многих программных комплексах реализованы алгоритмы учета узлов притока, но функции оттока типа (12) либо не учитываются, либо должны быть заданными. Поэтому для замыкания модели следует учитывать гидравлические параметры сооружений для забора воды в задамбовое пространство и целый ряд нестационарных параметров, определяющих условия забора излишнего объема речного стока.

В общем случае алгоритм моделирования представляет собой совокупность следующих алгоритмов:

- определение предварительных параметров водопропускных сооружений;
- их корректировка по результатам моделирования прохождения паводка;
- расчет неустановившегося движения воды в речном русле;
- расчеты расхода воды через водопропускное сооружение и баланса воды в емкости дамбы.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДАМБ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАВОДКОВОГО СТОКА

Для возможности установления зависимости (12) необходимо произвести выбор способа заполнения емкости дамб и назначить конструкции сооружений. При этом следует учитывать ряд особенностей:

- необходимость заполнения емкости дамб для срезки пика паводков возникает редко, поэтому сооружения для отвода стока должны быть недо-рогими, но не снижать надежности защиты;
- режим наполнения емкости дамб должен в наибольшей степени соот-ветствовать гидрографу паводка для обеспечения рационального исполь-зования емкости;
- одамбованные территории могут значительно отличаться рельефом, что следует учитывать при назначении мест расположения водопропуск-ных отверстий;
- по возможности условия отвода стока и заполнения емкости должны обеспечивать минимальные нарушения земель.

Одновременное выполнение всех перечисленных выше условий воз-можно только за счет устройства специальных сооружений при строи-тельстве защитных сооружений или их реконструкции. Такими опти-мальными устройствами являются шлюзы-регуляторы, устраиваемые в теле дамб, в комплексе с гасителями энергии. Они позволяют постоянно регулировать расход и, следовательно, обеспечивать горизонтальную срезку гидрографа паводка.

При отсутствии в дамбах специальных устройств заполнение их ем-кости может осуществляться через прораны, устраиваемые при помощи взрыва. Основными недостатками этого способа являются:

- необходимость создания более значительной емкости по сравнению с расчетным объемом в связи с невозможностью управления расходами;
- эрозионные разрушения почвы на прилегающей к прорану террито-рии и по направлению движения потока при заполнении емкости;
- нестабильность размера прорана в результате его дальнейшего размыва.

Избежать расширения прорана больше, чем требуется для пропуска расчетного расхода, можно за счет устройства при строительстве дамб или их реконструкции боковых устоев на ширине, необходимой для про-пуска максимального расхода. Стабилизация размеров прорана может быть осуществлена и непосредственно после взрыва путем закрепления торцов на необходимом расстоянии рваным камнем, тяжелыми фашинами, мешками с песком и другими приемами, используемыми при строи-тельстве глухих шпор.

Для заполнения емкости дамб могут также применяться водосливы-прорези с порогом, устраиваемым на уровне, при котором расчетный рас-ход будет пропущен через фронт прорези. Недостатком данного способа является неизбежность затопления территории и при паводках более высо-кой вероятности превышения, чем расчетная. Избежать этого можно путем

засыпки водослива-прорези грунтом, разрушаемой лишь при прохождении катастрофического паводка.

Для гашения энергии потока за сооружениями могут использоваться различные виды гасителей. Общим недостатком массивных водобойных сооружений является их достаточно высокая стоимость, которая может превосходить затраты на ликвидацию размыва почв. Поэтому для гашения энергии потока целесообразно:

- использовать посадки кустарника и деревьев;
- устраивать водопропускные сооружения или осуществлять взрыв дамб на участках, где их высота максимальна или за дамбами имеются понижения местности;
- предусматривать возможность использования придамбовых каналов для распределения воды по территории затапливаемого участка.

При планировании затопления больших пойменных массивов целесообразно их разделение на отдельные емкости. Такая необходимость может возникнуть и при больших уклонах реки, а следовательно, и гребня дамб, что даст увеличение их емкости и возможность поэтапного затопления отдельных секций одамбованной площади.

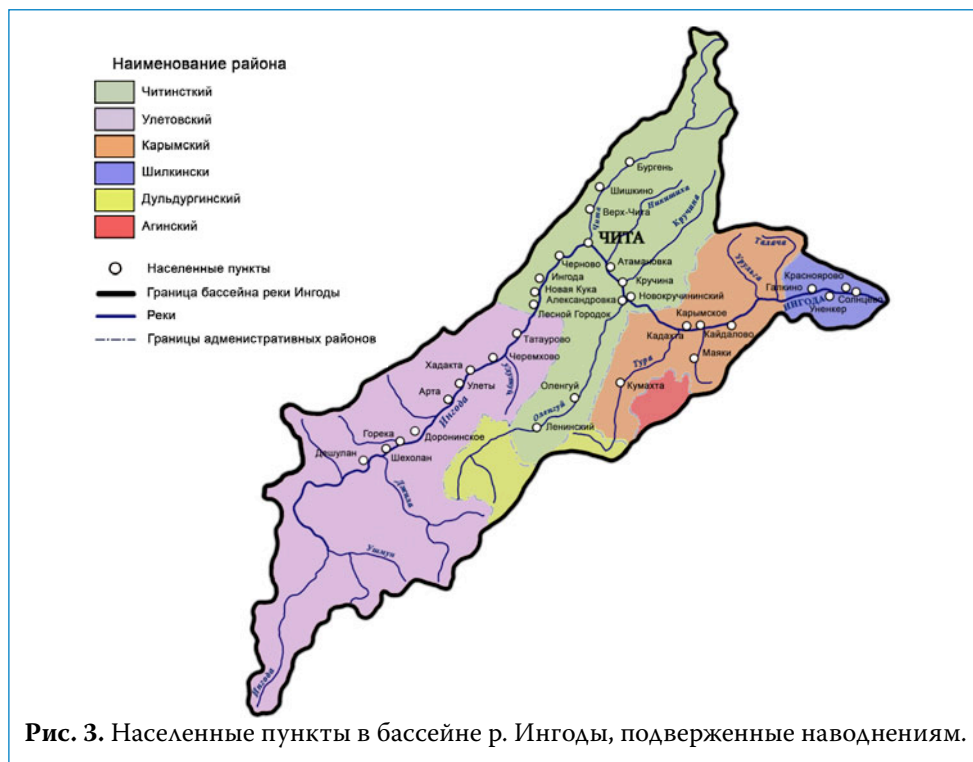
ПРИМЕР МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для примера расчета принята р. Ингода, характеризующаяся тем, что на наводнения в ее бассейне приходится более 50 % среднегодового ущерба Забайкальского края (рис. 3). Подавляющая часть населения проживает непосредственно в долинах р. Ингоды и ее правого притока – р. Читы. На других притоках имеется незначительное число населенных пунктов, в которых проживает менее 1 % населения рассматриваемого бассейна. Следует отметить, что данный бассейн является «неудобным» для применения разрабатываемого метода в связи с тем, что его территория крайне неравномерно освоена, а большинство притоков имеют узкие поймы.

Анализ многолетних данных показывает, что максимальные годовые паводковые расходы могут наблюдаться в любом створе главной реки: в 62 % случаев максимальные расходы отмечались в нижнем течении (с. Красноярово); 26 % – в верховьях (с. Улеты); 12 % – в среднем течении (пос. Атамановка). При этом явно прослеживается резкое снижение среднего модуля максимального стока (вычисленного относительно максимального расхода): с. Улеты – 53,8 л/(с·км²); пос. Атамановка – 32,4 л/(с·км²); с. Красноярово – 21,8 л/(с·км²).

Таким образом, приуроченность максимальных расходов к створам наблюдений в значительной мере зависит от режима и распределения осадков в речном бассейне:

- при длительных обложных дождях малой интенсивности наблюдается нарастание максимальных расходов от истока к устью р. Ингоды (в формировании максимального стока участвует весь бассейн);



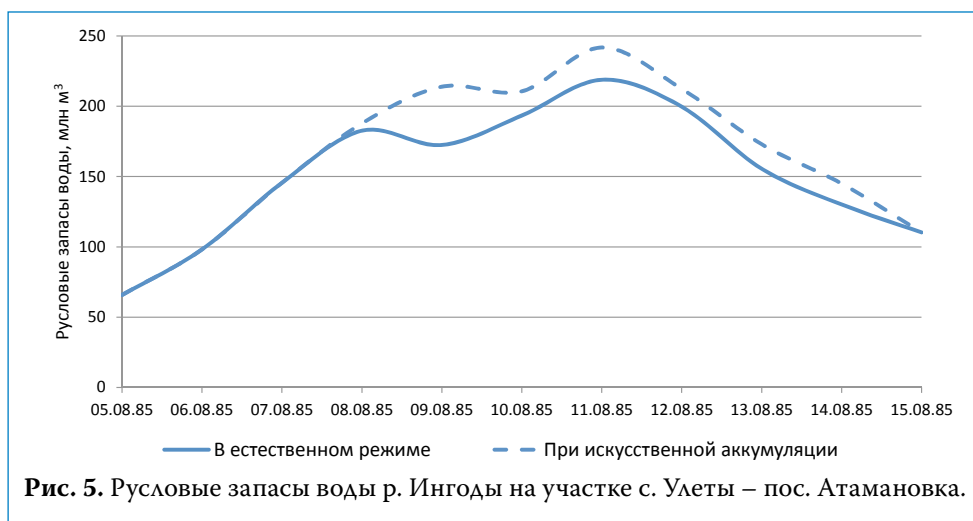
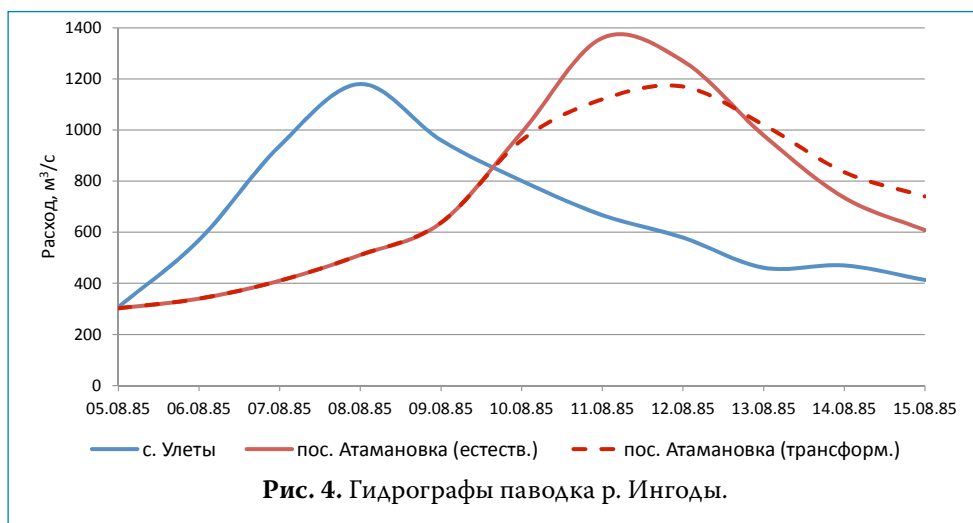
– ливневые осадки, выпадающие с небольшими перерывами в течение длительного периода во всем речном бассейне, приводят к формированию многопиковых паводков в верховьях р. Ингоды и на ее притоках, которые трансформируются в однопиковый паводок в нижнем течении (в формировании максимального стока также участвует весь бассейн). В этом случае, как правило, максимальные расходы наблюдаются в низовьях р. Ингоды, но в отдельных случаях максимумы могут отмечаться в ее верховьях или в среднем течении (при совпадении максимумов стока и бокового притока);

– при обложных дождях, продолжительность которых меньше времени перемещения пика паводка от истока до устья, максимальные расходы наблюдаются в верховьях (при продолжительности дождливого периода 3–4 дня) или в среднем течении р. Ингоды (после 5–6 дождливых дней);

– при ливневых осадках максимальные расходы могут наблюдаться на любом участке р. Ингоды.

Две последние закономерности наглядно подтверждаются при парном сравнении рядов максимальных расходов. В этом случае повторяемости прохождения максимальных расходов в верховьях и среднем течении р. Ингоды практически равны (с. Улеты – 52 %, пос. Атамановка – 48 %).

В то же время вероятность того, что максимальный годовой расход в среднем течении превысит максимум в низовьях остается крайне низким (18 %), но при рассмотрении отдельных паводков (а не годовых максимумов) разница несколько нивелируется (пос. Атамановка – 38 %, с. Красноярово – 62 %).



Анализ совмещенных гидрографов наиболее значительных паводков показал, что они формируются преимущественно в верховьях р. Ингоды. Приемлемые варианты регулирования стока водохранилищами отсутствуют в связи с большой удаленностью подходящих створов – 250 км и более от г. Читы. В то же время участок с. Улеты – г. Чита характеризуется наличием

широкой поймы, что позволяет рассмотреть вариант регулирования стока дамбами. Поэтому в качестве основного контрольного створа принят крайевой центр г. Чита. Для апробации работы выбрано шесть возможных участков защиты сельскохозяйственных угодий площадью 1000, 950, 3000, 1120, 2198 и 2464 га (итого 10 732 га), расположенных выше по течению г. Читы на расстоянии от 40 до 120 км. Их использование для регулирования катастрофических паводков может значительно снизить ущерб в густонаселенных районах. В примере расчета использованы данные о паводке в июле 1985 г., а в качестве задачи моделирования – условие снижения максимального расхода в пос. Атамановка (ниже г. Читы) до значения, не превышающего максимума в с. Улеты. В результате моделирования установлено, что для такой срезки паводка достаточно использовать две из шести емкостей общей площадью 4000 га (1000 и 3000 га) при их затоплении средним слоем 1,35 м, что обеспечивает дополнительную аккумуляцию 54 млн м³ воды (рис. 4, 5).

ВЫВОДЫ

Представленные исследования показали, что речные поймы в их естественном состоянии обладают значительной паводкорегулирующей способностью. Так, по самым приближенным оценкам в период паводка 2013 г. на р. Амур поймы оказали более значительное влияние на регулирование максимального стока, чем все существующие водохранилища.

Одной из основных задач комплексных мер по защите от наводнений должна стать задача сохранения депонирующей способности речных пойм путем введения ограничений на возможность отсечения их емкости защитными дамбами. Для этого следует на государственном уровне контролировать, а лучше исключить их хозяйственное освоение [12]. В этом контексте важным является развитие пойменных особо охраняемых природных территорий, в т. ч. и водно-болотных угодий.

В связи с тем, что строительство дамб для защиты сельскохозяйственных угодий запретить невозможно, одамбованные территории следует рассматривать как искусственные противопаводковые емкости, которые могут быть затоплены при катастрофических паводках. Такие дамбы должны проектироваться с учетом этой функции – следует предусматривать пропуск расчетного расхода через их насыпи с применением регулирующих устройств, либо путем устройства проранов.

Моделирование рассматриваемого процесса представляет достаточно сложную итерационную задачу с одновременным выполнением гидравлических, гидродинамических и балансовых расчетов. Основу такой модели составляют уравнения Сен-Венана в одномерной или двухмерной постановке с назначением дополнительных условий в створах отвода стока в задамбовое пространство.

В качестве примера рассмотрена р. Ингода (Забайкальский край), для которой характерно прохождение максимальных расходов паводков в различных створах за счет регулирующего влияния русла и поймы. Для данной реки представлено сопоставление прохождения реального паводка с результатами моделирования в условиях использования пойменных регулирующих емкостей. Предварительные результаты свидетельствуют о принципиальной возможности использования емкости дамб в условиях чрезвычайных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Рогуневич В.П.* Автоматизация математического моделирования движения воды и примесей в системах водотоков. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 264 с.
2. *Плешков Я.Ф.* Регулирование речного стока. Водохозяйственные расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 559 с.
3. *Егидарев Е.Г.* Картографирование и оценка пойменных комплексов в долине реки Амур // Вестник ДВО РАН, 2012. № 2. С. 9–16.
4. *Лепихин А.П.* К оценке эффективности применения дамб для снижения рисков затоплений при прохождении экстремально высоких паводков // Водное хозяйство России. 2006. № 6. С. 27–31.
5. *Шаликовский А.В.* Внеусловное противопаводковое регулирование стока // М-лы всерос. науч.-практ. конф. «Управление водным хозяйством России». Екатеринбург: РосНИИВХ, 1993. С. 135–136.
6. *Шаликовский А.В.* Трансформация паводкового стока при искусственном управлении емкостью русловой сети // Водные ресурсы и водопользование. Екатеринбург–Чита: РосНИИВХ, 2005. С. 45–56.
7. *Huang G.A* Comparative Study on Flood Management in China and Japan // Water. 2014. Vol. 6. P. 2821–2829. Режим доступа: <http://www.mdpi.com/2073-4441/6/9/2821>.
8. *Uijtewaal W.S.J.* Hydrodynamics of shallow flows: application to rivers // J. of Hydraulic Research. 2014. Vol. 52. No. 2. P. 157–172.
9. *Haghizadeh A., Teang S.L., Mirzaei M., Memarian H.* Incorporation of GIS based program into hydraulic model for water level modeling on river basin // J. of Water Resource and Protection. 2012. Vol. 4. P. 25–31.
10. *Alaghmand S., Abdullah R., Abustan I., Eslamian S.* Comparison between capabilities of HEC-RAS and MIKE11 hydraulic models in river flood risk modelling (a case study of Sungai Kayu Ara River basin, Malaysia) // Int. J. Hydrology Science and Technology. 2012. Vol. 2. No. 3. P. 270–291.
11. *Калугин А.С., Крыленко И.Н.* Математическое моделирование движения паводочной волны при использовании исходной информации различной детальности // Водное хозяйство России. 2014. № 3. С. 38–57.
12. *Шаликовский А.В.* Проблемы нормативно-правового регулирования в вопросах защиты от наводнений и пути их решения // Водное хозяйство России. 2014. № 3. С. 30–37.

Сведения об авторе:

Шаликовский Андрей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент, директор, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Восточный филиал, Россия, 672039, г. Чита, ул. Александровская, 30; e-mail: vostokniivh@mail.ru