
УДК 504.453; 004.94; 614.87

Доктор геогр. наук

Ф.Ж. Акиянова¹

Доктор геогр. наук

Н.Л. Фролова²

Е.М. Каракулов¹

А.Ж. Кенжебаева¹

А. Шаймерденова¹

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКА НАВОДНЕНИЙ НА РЕКАХ ЕСИЛЬ И НУРА В ПРЕДЕЛАХ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ ГОРОДА АСТАНА

Ключевые слова: весеннее половодье, р. Есиль, р. Нура, затопление, пригородная зона г. Астаны

Изучены традиционные и инновационные методы оценки риска наводнений, вызванных паводками на примере рек Есиль и Нура. Показана необходимость анализа большого объема данных мониторинга, картографических и полевых измерений, цифровых космических снимков и детальной аэрофотосъемки для получения достоверных результатов моделирования паводков.

Наводнения на реках, вызванные паводками – чрезвычайно опасные бедствия, создающие социальный стресс, приносящие значительный природный и экономический ущерб. За последние 15 лет в Казахстане произошло более 300 наводнений различного происхождения, из них 70 % вызваны весенним половодьем [7]. Причинами возрастания повторяемости наводнений является увеличение численности и плотности населения, проживающего на берегах рек; прокладка инфраструктурных (транспорт, энергия, связь, вода) объектов вдоль рек; зарегулированность рек и состояние гидротехнических сооружений, а также изменение климата, с которым связано увеличение аномалий среднегодовых температур воздуха и годовых сумм атмосферных осадков [8-10, 23].

В последние годы повысилась частота проявлений опасных паводковых ситуаций в пределах речных долин, что связано с их пространственной освоенностью, как объектов с непосредственным доступом к вод-

¹ Институт географии и природопользования Международного научного комплекса «Астана», г. Астана Казахстан;

² МГУ им. М. Ломоносова, г. Москва, Россия

ным и биологическим ресурсам, транспортным и рекреационным возможностям, благоприятным и аттрактивным ландшафтам. Риск затопления существует и для столичного региона, для населенных пунктов пригородной зоны г. Астаны. Быстрый рост численности населения, беспорядочная застройка объектов в пределах водоохранных зон рек значительно повысили риск воздействия паводковых наводнений. Например, в 2014 г ущерб от весенних паводков в Акмолинской области составил свыше 10 млрд. тенге, в 2015 г. – 8...9 млрд. тенге (было подтоплено 245 домов), в 2017 г. на борьбу с паводками было предусмотрено 900 млн. тенге, ущерб составил 24 млн. тенге [12, 18, 20].

Исследования проведены в пределах долин рек Есиль и Нура, входящих в пригородную зону Астаны, расположенную в часовой доступности от границ города и составляющую с ним единую социальную и природно-хозяйственную территорию. В связи с тем, что риск воздействия паводковых наводнений на селитебные объекты и инфраструктуру повышается при приближении к руслам и поймам рек, проведен анализ местоположения данных объектов в пределах водоохранных зон, составляющих для рек Есиль и Нура 2 км. В пределах водоохранной зоны р. Есиль расположено 19 населенных пунктов с численностью населения 44 852 человек (рис. 1, табл. 1).

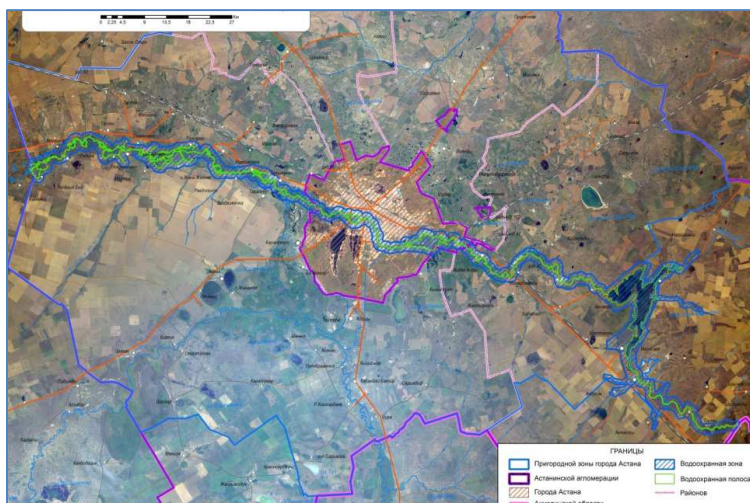


Рис. 1. Селитебные и инфраструктурные объекты пригородной зоны г. Астаны, расположенные в пределах водоохранной зоны р. Есиль.

В пределах границы водоохранной зоны р. Нуры в пригородной зоне г. Астаны расположено 6 сельских населенных пунктов с общей численностью населения 10 316 человек (рис. 2, табл. 2).

Таким образом, всего в зоне риска рек Есиль и Нура расположено 25 населенных пунктов и 55 168 человек, без учета населения г. Астаны.

Таблица 1
Перечень населенных пунктов, расположенных в пределах водоохранной зоны р. Есиль

Район	Сельский округ	Населенный пункт	Численность населения, чел.
Аршалынский	Аршалынский	п. Аршалы	6710
Аршалынский	Ижевский	с. Ижевское	2044
Аршалынский	Михайловский	с. Михайловка	1141
Аршалынский	Арнасай	с. Арнасай	946
Аршалынский	Волгодоновский	с. Волгодоновка	1080
Аршалынский	Волгодоновский	разъезд42	237
Аршалынский	Жибек жолы	с. Жибек жолы	6265
Целиноградский	Талапкерский	с. Талапкер	13800
Целиноградский	Талапкерский	с. Кажымукана	2750
Целиноградский	Максимовский	с. Тонкерис	1195
Целиноградский	Нуресильский	с. Раздольное	362
Целиноградский	Нуресильский	с. Жана Жайнак	635
Целиноградский	Новоишимка	с. Новоишимка	2204
Целиноградский	Родина	с. Садовое	353
Целиноградский	Родина	с. Родина	1105
Целиноградский	Родина	с. Зеленый Гай	267
Целиноградский	Максимовский	Максимовка	2309
Целиноградский	Новоишимка	Семёновка	1016
Целиноградский	Тасты	Акмешит	433
Итого:	12	19	44852

Примечание: Данные из паспортов сельских округов на 01.01. 2017 г.

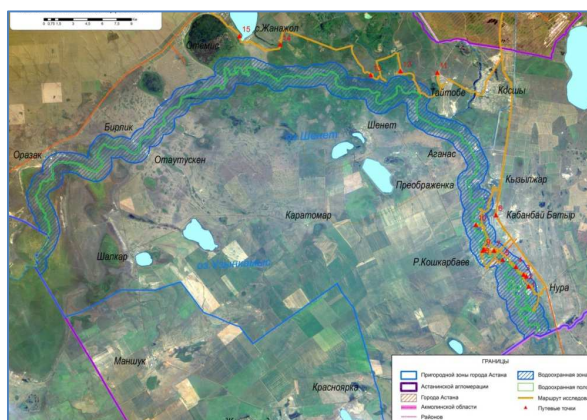


Рис. 2. Селитебные и инфраструктурные объекты пригородной зоны г. Астаны, расположенные в пределах водоохранной зоны р. Нуры.

Таблица 2

Перечень населенных пунктов пригородной зоны г. Астаны,
расположенных в пределах водоохранной зоны р. Нуры

Район	Сельские округа	Населенный пункт	Численность населения, чел.
Целиноградский	им. Р. Кошкарбаева	с. им. Р. Кошкарбаева	1726
Целиноградский	Кабанбай Батыра	с. Кабанбай Батыр	5989
Целиноградский	им. Р. Кошкарбаева	с. Преображенка	140
Целиноградский	Оразакский	с. Бирлик	316
Целиноградский	Шалкарский	с. Отаутускен	301
Целиноградский	Оразакский	с. Оразак	1844
Итого:	5	6	10316

Примечание: Данные из паспортов сельских округов на 01.01.2017 г.

Для минимизации риска подверженности территорий затоплениям и подтоплениям, предупреждения чрезвычайных ситуаций приоритетными должны стать «научные исследования, прогнозирование и оценка опасности возможных чрезвычайных ситуаций, а также их социально-экономических последствий» [11].

Исходные данные и методы исследований. В основу анализа легли данные регулярных мониторинговых гидрологических наблюдений РГП «Казгидромет» МЭ РК за среднемесячными уровнями и расходами воды по 8 гидропостам на р. Есиль (с. Приишимское, с. Турген, с. Волгодоновка, м-н Коктал, с. Новоишимка, п. Тельмана, г. Астана), на вдхр. Астанинское (с. Арнасай) и 1 гидропосту на р. Нуре (с. им. Р. Кошкарбаева (Романовское)) за 2010...2016 гг. Для анализа климатических характеристик использованы данные наблюдений РГП «Казгидромет» МЭ РК по метеостанциям г. Астана (г. Акмолинск, Целиноград), с. Аршалы, с. Акколь.

В связи с тем, что значительное влияние на гидрологический режим исследованных рек оказывает их зарегулированность, проведен анализ статистических и картографических данных, плана мероприятий по подготовке и проведению паводкового периода 2018 года по водохозяйственным объектам Акмолинского филиала РГП «Казводхоз» и ГКП «Астана Су Арнасы, РГУ Есильская бассейновая инспекция по регулированию использования и охране водных ресурсов КВР МСХ РК.

Изучены методы моделирования затоплений на основе геометрического (топографического) и гидродинамического подходов. При первом методе зоны затоплений определяются на основе сопоставления существующего уровня воды и уровня подъема воды при наводнениях. При гид-

родинамическом подходе определяются потоки движения воды в пространстве и времени [19].

Основные геоморфологические факторы, влияющие на гидрологический режим половодья рек Есиль и Нура, изучены на основе анализа карт, полевых наблюдений, геоинформационных методов картографирования. Основой для оценки современных изменений строения долин рек послужили собранные и обработанные оптические снимки Landsat-8, Sentinel-2 за 2015...2017 гг., радарные снимки Sentinel-1 за 2016...2017 гг., находящиеся в свободном доступе [17].

В пределах пригородной зоны г. Астаны, для изучения современного состояния русел и пойменных уровней рек Есиль и Нура, выполнена аэросъемка с помощью многовинтового БПЛА Phantom 4. Она позволила получить снимки с разрешением до 10 см. Съемка произведена по заранее проложенному треку с перекрытием 70 % с высоты 150 м. Управление и планирование миссии выполнялось с помощью мобильного приложения (рис. 3). Применение данных параметров съемки связано с необходимостью получения цифровых снимков высокой точности как для пространственного двухмерного (2Д) и трехмерного (3Д) анализа территории.

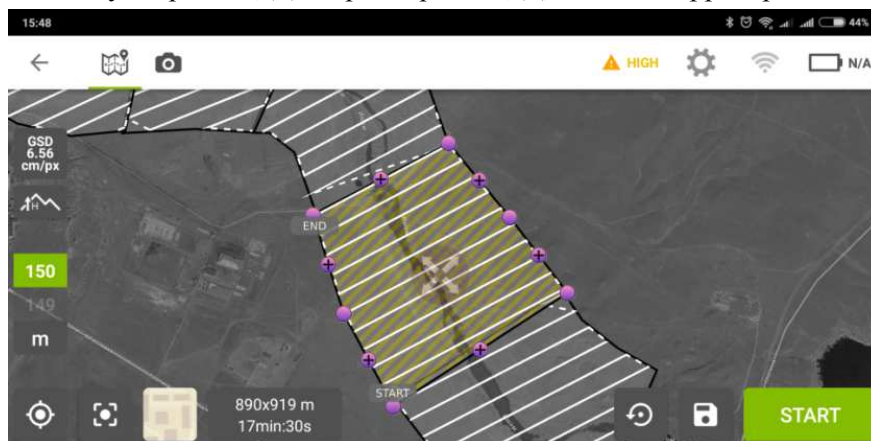


Рис. 3. Планирование миссий полета аэросъемка БПЛА Phantom 4.

Результаты и их обсуждение. Объект исследований расположен в пределах двух водохозяйственных бассейнов Казахстана: Есильского (р. Есиль), Нура-Сарысуевского (р. Нура) и характеризуется слабо выраженными в рельефе водораздельными территориями.

Физико-географические условия бассейнов формируют основной гидрологический режим рек. Район характеризуется континентальным климатом со значительными колебаниями годовой температуры воздуха и

дефицитом осадков. Наиболее холодный месяц – январь, средняя температура $-17...-18^{\circ}\text{C}$, наиболее теплый – июль, средняя температура $+19...+21^{\circ}\text{C}$. Средняя годовая амплитуда температуры воздуха достигает 38°C , годовая сумма осадков колеблется от 200 до 300 мм, в целом это район недостаточного увлажнения, подзона сухих степей.

Среднегодовая и сезонные аномалии температуры воздуха (отклонение от средних за 1961...1990 гг.) в 2016 году по территории Акмолинской области составили $1,08^{\circ}\text{C}$, зимой – $4,29$, весной – $3,66$, летом – $-0,99$, осенью – $-1,59$. В 2015 году среднемесячные нормы температуры воздуха превышали нормы за период 1961...1990 гг. в октябре – ноябре, апреле – июне [10, 14]. Среднегодовая и сезонные аномалии количества осадков (отклонение от средних за 1961...1990 гг.) в 2016 году по территории Акмолинской области составили $115,4$ мм, зимой – $25,6$, весной – $8,1$, летом – $43,5$, осенью – $24,8$. Месячные суммы осадков 2015 г. превышают климатические нормы за период 1961...1990 гг. в октябре – январе, марте – июне [10, 14].

Влияние на режим р. Есиль оказало строительство Астанинского (Вячеславского) водохранилища многолетнего регулирования (1968 г.), водозабор и сбросы водохранилища, водозабор в канал Нура-Есиль.

Для оценки риска воздействия паводковых наводнений необходимо детальное исследование гидрологических и геоморфологических факторов [1]. Рельеф территории исследований в целом характеризуется слабой расчлененностью, с общим уклоном поверхности с юго-востока на северо-запад от 425 до 320 метров и разнообразием морфогенетических типов и форм. В восточной и северной частях района он представлен денудационными цокольными равнинами с участками низкого эрозионно-тектонического водораздельного и денудационного приречного мелкосопочника. В юго-западной и участками в северо-восточной части развиты аккумулятивные озерно-аллювиальные, озерные и делювиально-пролювиальные равнины четвертичного возраста. Небольшими участками на палеогеновых и неогеновых отложениях наблюдается развитие слабоволнистых пластовых равнин. Региональные особенности рельефа пригородной зоны в пределах долин рек Есиль и Нура характеризуются совокупностью пойменных и надпойменных террас. Рельеф водоразделов представлен высокими денудационными равнинами с участками мелкосопочного рельефа.

Исследуемые реки по режиму относятся к казахстанскому типу и характеризуются исключительно резкой внутригодовой неравномерностью распределения стока. Питание большей частью снеговое, преимуще-

ственное значение в питании рек имеют талые воды. Основная фаза водного режима – весеннее половодье (апрель-май), продолжающееся от 30 до 80 суток, на которые приходится 95...98 % годового стока. Межень – летне-осенняя и зимняя [4].

Характеристики весеннего половодья:

– р. Есиль – г. Акмолинск (нуль графика 343,00 м абс.) за период 1933...1956 гг.: средний высший уровень – 411 см, средняя дата начала весеннего половодья – 11 апреля, высшего уровня – 16 апреля, конца – 23 мая;

– р. Нура – с. Романовское (нуль графика 349,80 м абс.) за период 1933...1956 гг.: средний из высших уровень – 621 см, средняя дата начала весеннего половодья – 11 апреля, высшего уровня – 18 апреля, конца – 1 июня.

Таблица 3.

Средний и максимальный (с датой) расход воды, м³/с

Год					
2011	2012	2013	2014	2015	2016
р. Есиль – с. Приишимское (период осреднения 11.03...10.05)					
нб / 9,15 (07.04)	0,65 / 6,29 (05.04)	нб / 6,98 (09.04)	нб / 41,8 (01.04)	нб / 110 (12.04)	нб / 7,58 (02.04)
р. Есиль – с. Тургень (период осреднения 11.03...10.05)					
7,94 / 67,2 (11.04)	10,76 / 128 (06.04)	нб / 96,3 (11.04)	34,96 / 476 (01.04)	67,34 / 526 (13.04)	33,13 / 211 (03.04)
р. Есиль – с. Волгодоновка (период осреднения 1.03...10.05)					
0,51 / 3,37 (02.04)	0,34 / 1,92 (05.04)	нб / 3,56 (07.04)	16,27 / 158 (03.04)	24,93 / 176 (14.04)	9,15 / 76,7 (09.04)
р. Нура – с. Р. Кошкарбаева (период осреднения 01.04...31.05)					
27,20 / 130 (10.04)	15,80 / 94,4 (05.04)	60,48 / 216 (06.04)	17,17 / 25 (05.04)	74,41 / 275 (19.04)	– *

Примечание: нб – наблюдалось отсутствие стока в период осреднения; * – наблюдения не проводились.

Продолжительность весеннего половодья зависит от площади водосбора реки: на средних реках (3000...30 000 км²), к которым относится Есиль в створе гидропоста Астаны (7400 км²), составляет от 30 до 80 суток; на реках с расходом более 40 000 км², к которым относится р. Нура в створе гидропоста с. Кошкарбаева (с. Романовское) (48 100 км²), продолжительность весеннего половодья 50 суток и более. Половодье однопиковое, т.е. проходит одной волной, в годы со значительными дождевыми осадками в весенний период осложняется прохождением паводков. Заторные явления для рек данной территории почти не характерны. Исходя из анализа основных характеристик стока воды р. Есиль за весенний период

определено, что 2014...2015 гг. являются периодом повышенной водности. Значение максимального уровня воды 2015 г. превысило соответствующее значение 2012 г. в 6 раз (рис. 3)

На р. Нура значение максимального уровня воды 2015 г. в 2 раза выше значения 2012 г. В целом, для данного водного объекта характерно равномерное увеличение показателя максимального уровня воды за 2011...2015 гг. (рис. 4).

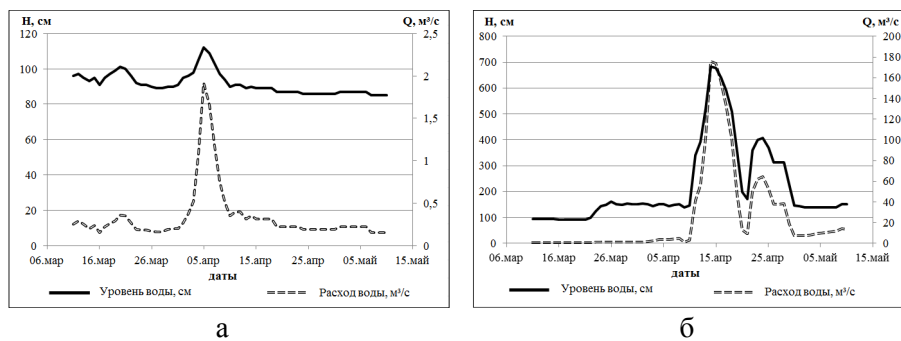


Рис. 3. Ход уровня и расхода воды р. Есиль – с. Волгодоновна за весенний период: а – 2012 г., б – 2015 г.

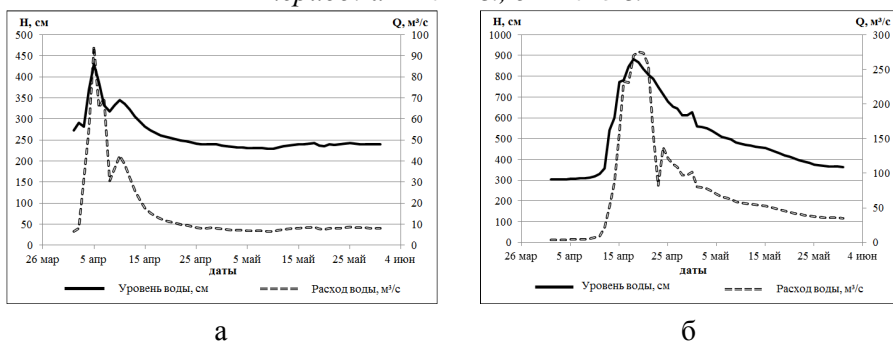


Рис. 4. Ход уровня и расхода воды р. Нура – а. Кошкарбаева за весенний период: а – 2012 г., б – 2015 г.

Характерной чертой для Нуры является бифуркация. Это обусловлено слабо выраженными водоразделами междуречья Есиль – Нура, и наличием общего уклона в сторону р. Есиль с величиной падения 12,5 м. В связи с этим помимо соединения этих двух рек, происходит перетекание части воды.

В геоморфологическом плане риск воздействия половодья высок для поверхностей высокой поймы и первой надпойменной террасы рек Есиль и Нура, повышен для второй надпойменной террасы и озерно-аллювиальной плоской и слабоволнистой равнины междуречья с многочисленными озерными котловинами. Руслу рек меандрируют, состоят из плесов и перекатов, глубина изменяется от 0,5 до 5 м. Высокая пойма рек

Есиль и Нура четко выражена в рельефе, ее ширина изменяется от нескольких метров до километра. Высота низкой поймы до 1,0...1,2 м, высота поверхности высокой поймы варьирует в пределах 2,5...3,0 м. Первая надпойменная терраса развита практически повсеместно, ширина изменяется от нескольких сотен метров до 1,5 км, слабонаклонная. Над средне-многолетним урезом вода возвышается от 4 до 6 м, на поверхности наблюдаются многочисленные следы староречий. Вторая надпойменная терраса фрагментарная, ширина на некоторых участках достигает 3...4 км, уступ выражен отчетливо, превышение над урезом варьирует от 6 до 8 м.

Выводы и рекомендации. Основным методом гидрологического анализа явился метод оценки риска наводнений с выбором гидрологических показателей затопления [13].

В основу математических моделей движения водных потоков, являющихся ядром многих прогнозных комплексов, положено решение системы уравнений Сен-Венана, которые являются базовыми в вычислительной гидравлике открытых потоков [5, 16]. В зависимости от детальности исходных данных и решаемой задачи применяются одномерные и двумерные модели движения водного потока. Водный поток, при записи системы уравнений Сен-Венана, может быть представлен в одномерной (характеристики потока осреднены по поперечному сечению) и двумерной (осреднение по глубине) схематизации.

Одномерные модели могут использоваться для расчетов на протяженных участках, на основе данных о морфометрических характеристиках речных долин, представленных в виде отдельных поперечных профилей, расположенных на значительном расстоянии друг от друга (рис. 5). Для спокойных потоков (при числе Фруда $Fr < 1$) входными данными для расчета являются гидрографы (хронологические графики изменения расхода воды) на верхней границе моделируемого участка и ход уровней на его нижней границе. В некоторых моделях последнее условие может быть заменено зависимостью уровней воды от расхода. Результатами расчетов являются изменения уровней водной поверхности и расходов воды по времени на каждом поперечнике в пределах расчетного участка (рис. 6). При этом расчет перекоса водной поверхности на поперечниках, как правило, не производится, и отметки уровня воды принимаются едиными для каждого из поперечников.

Использование одномерных моделей более целесообразно при выполнении моделирования протяженных участков рек, когда их длина на порядок и более превышает ширину зоны возможного затопления. При

этом одномерные модели в принципе не могут учесть эффекты, связанные с перемещением динамической оси потока по ширине долины.

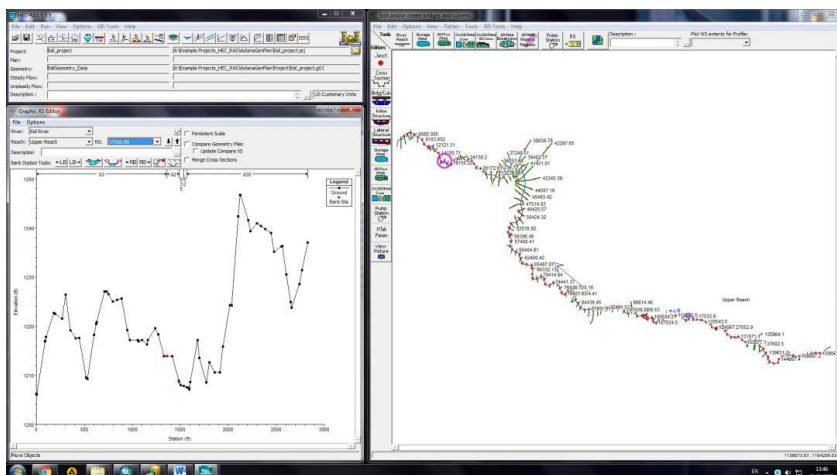


Рис. 5. Задание схемы участка р. Есиль для одномерной модели HEC-RAS.

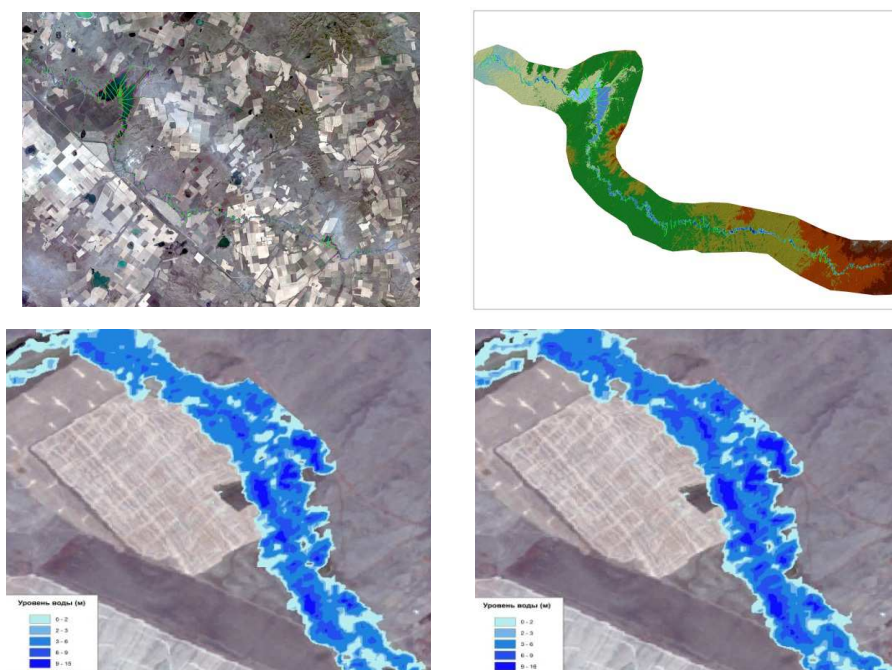


Рис. 6. Визуализация результатов расчета по модели HEC-RAS.

Двумерные модели требуют более детальной информации о морфометрии речных долин, в первую очередь о рельефе территории потенциального затопления, представленном в виде поля точек в декартовой системе координат (x, y, z) . В результате они позволяют получить пла-

новую картину распределения скоростей течения, уровней водной поверхности и глубин воды в пределах расчетной области.

Реализация численных методов решения системы Сен-Венана является основой компьютерных моделей движения водных потоков. В связи с развитием быстродействующей вычислительной техники к настоящему времени в разных странах разработано и применяется в практических расчетах большое количество моделей: российские программные комплексы River-1D и Stream-2D, разработанные В.В. Беликовым и др. [6], Mike 11, Mike 21 Датского гидрологического института [21], Delft 3D (многослойная двумерная модель) Института Deltares г. Дельфт (Нидерланды) [25], американские HEC-RAS Американского корпуса военных инженеров [22], FLO-2D [24], французский TELEMAC и др. Модели отличаются, в основном, способами схематизации расчетной области (треугольные, четырехугольные и смешанные сетки), применяемыми расчетными схемами и методами (конечных разностей, конечных элементов), набором дополнительных блоков (распространение примесей, транспорт наносов и т.п.). В России наибольшее распространение получила двумерная модель STREAM_2D и одномерная модель тех же авторов River_1D [2, 3, 24]. Разработчиками созданы оригинальные методики построения нерегулярных расчетных сеток, наилучшим образом описывающих сложные по конфигурации русла и сооружения на поймах. Модели включают блоки транспорта взвешенных наносов, моделирования повышения уровней воды при ледовых заторах. Преимуществом данных моделей также является доступность программного кода и возможность их внедрения в различные интерфейсы. Программные комплексы RIVER_1D и STREAM_2D (и их предшествующие версии River и Flood) использовались при решении многочисленных задач, связанных с наводнениями на реках и в устьевых областях рек Сев. Двина, Волга, Лена, р. Москва, Дон и т.д., и техногенным затоплением территории в случае аварий на гидротехнических сооружениях (расчета волн прорыва при аварийных ситуациях на Красноярском, Саратовском, Сызранском, Угличском, Рыбинском, Краснодарском, Новосибирском, Камском, Пироговском, Цимлянском и др. гидроузлах).

Заключение. Рост численности населения г. Астаны и населенных пунктов пригородной зоны, беспорядочная застройка, неудовлетворительное состояние большинства гидротехнических сооружений обуславливают высокий риск воздействия вод половодья. Это приводит к экономическому ущербу и усилению социальной напряженности.

В зависимости от детальности исходных данных и решаемой задачи для исследования наводнений применяются как одномерные, так и двумерные модели движения водного потока. Они позволяют получить плановую картину затопления в пределах расчетной территории. Полученные в результате моделирования характеристики используются для зонирования пониженных участков речных долин по степени потенциальной опасности в случае наводнений, а в совокупности с социально-экономическими данными – для оценки возможных ущербов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акиянова Ф.Ж., Кенжебаева А.Ж., Зинабдин Н.Б., Каракулов Е.М. Геоморфологические и гидрологические факторы риска воздействия половодья рек Нура и Есиль на населенные пункты зоны градостроительного регулирования города Астаны // Рациональное использование и охрана водных ресурсов: Всерос. научно-практ. конф. с междун. уч. (г. Барнаул, 14-16. 09. 2017 г.). – Барнаул, 2017 – С. 11-16.
2. Алабян А.М. Информационные технологии в гидрологии // В сб. Гидроэкология: теория и практика. / Проблемы гидрологии и гидроэкологии. – 2004. – Вып. 2. – С. 476-482.
3. Алабян А.М., Алексеевский Н.И., Евсеева Л.С., Жук В.А., Иванов В.В., Сурков В.В., Фролова Н.Л., Чалов Р.С. Чернов А.В. Генетический анализ причин весеннего затопления долины Малой Северной Двины в районе г. Великого Устюга // Эрозия почв и русловые процессы (Изд-во МГУ). – 2003. – Вып. 14. – С. 105-131.
4. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Республики Казахстан. – Алматы: 2010. – 264 с.
5. Беликов В.В. Совершенствование методов и технологий прикладного численного моделирования и в гидравлике открытых потоков: Диссер. ... доктор техн. наук. – М., 2005. – 358 с.
6. Беликов В.В., Милитеев А.Н., Прудовский А.М., Родионов В.Б. Компьютерная гидравлическая модель речного бассейна – основа определения ущербов народному хозяйству от наводнений. // В сб. «Безопасность энергетических сооружений». – 2003. – Вып. 11. – С. 132-148.
7. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Калинин М.Ю. Гидрологические стихийные явления (мировые тенденции, хроника Беларуси и Казахстана) // Матер. междунар. научно-практ. конф., посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». / «Водные

- ресурсы Центральной Азии и их использование», Книга 2 – Алматы, Казахстан, 22-24 сентября 2016 г. – С. 372-377.
8. Гальперин Р.И. О водных опасностях в Казахстане // Матер. междунар. научно-практ. конф., посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». / «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование», Книга 2 – Алматы, Казахстан, 22-24 сентября 2016 г. – С. 378-386.
 9. Ежегодный бюллетень мониторинга изменения и состояния климата Казахстана: 2015 г. – Астана: МЭ РК РГП «Казгидромет», 2016. – 39 с.
 10. Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2016 год. – Астана: МЭ РК РГП «Казгидромет», 2017. – 58 с.
 11. Закон Республики Казахстан. О гражданской защите: от 11 апреля 2014 года, № 188-V (с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.07.2018 г.).
 12. Интерфакс Казахстан. Информационное агентство. [Электронный ресурс]. – 2014. – URL: https://www.interfax.kz/?lang=rus&int_id=10&function=view&news_id=9440 (дата обращения 9.10.2018)
 13. Киреева М.Б., Фролова Н.Л. Современные особенности весеннего половодья рек бассейна Дона // Водное хозяйство России – 2013. – №1. – С. 60-76.
 14. Космические снимки Landsat-8, Sentinel-2 за 2015-2017 гг., радарные снимки Sentinel-1 за 2016-2017 гг. [Электронный ресурс]. – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения 9.09.2018)
 15. Крыленко И.Н. Опыт применения космических снимков для компьютерного моделирования затопления территории при наводнениях на реках // Земля из космоса – наиболее эффективные решения: Тезисы докладов II междунар. конфер. – Москва, 2005. – С. 104-106.
 16. Кюнж Ж.А., Холли Ф.М., Вервей А. Численные методы в задачах речной гидравлики – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 255 с.
 17. Митюкович С. Моделирование затопления территорий и ArcGIS. [Электронный ресурс]. – URL: http://esricis.ru/blogs/?page=post&blog=arcgis&post_id=modelirovanie-zatopleniya-tek-i-arcgis (дата обращения 9.09.2018).
 18. Новостной портал агентства «Хабар». [Электронный ресурс]. – URL: <http://24.kz/ru/news/social/item/169513-na-borbu-s-pavodkami-v-akmolinskoj-obl> (дата обращения 9.09.2018).

19. Расписание погоды. Архив погоды. [Электронный ресурс]. – 2004...2018. – URL: <http://rp5.kz/> (дата обращения 9.09.2018).
20. Dixinews.kz. Информационный сайт. [Электронный ресурс]. – 2014. – URL: <http://dixinews.kz/articles/zhizn/14322/> (дата обращения 9.09.2018).
21. Modeling the World of Water. DHI Water & Environment. [Электронный ресурс]. – URL: 2005. <https://www.dhigroup.com> (дата обращения 9.09.2018).
22. HEC-RAS river analysis system User's Manual. 2002. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf> (дата обращения 9.09.2018).
23. Preventing the flooding of the Seine in the Paris – Ile de France region. Progress made and future challenges. OECD High Level Risk Forum Public Governance Directorate. Report. [Электронный ресурс]. – 2018. – URL: <http://www.oecd.org/gov/risk/preventing-the-flooding-of-the-seine-2018.htm> (дата обращения 9.09.2018).
24. FLO-2D. Version 2006.01 User Manual [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.flo-2d.com> (дата обращения 9.09.2018).
25. Delft3D-FLOW Version 3.06 User Manual. WL | Delft hydraulics. 2018. [Электронный ресурс]. – URL: https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/Delft3D-FLOW_User_Manual.pdf (дата обращения 9.09.2018).

Поступила 29.09.2018

Геогр. ғылымд. докторы	Ф.Ж. Акиянова
Геогр. ғылымд. докторы	Н.Л. Фролова
	Е.М. Каракулов
	А.Ж. Кенжебаева
	А. Шаймерденова

АСТАНА ҚАЛАСЫНЫҢ МАҢЫНДАҒЫ АУДАНДАРДЫҢ ЕСІЛ ЖӘНЕ НҰРА ӨЗЕНДЕРІНІҢ ТАСҚЫН ТӘУЕКЕЛ БАҒАЛАУДЫҢ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Түйінді сөздер: көктемгі су тасқыны, Есіл өзені, Нұра өзені, су тасқыны, Астана қаласының маңындағы ауданы

Есіл мен Нұра өзендері мысалында жазықтағы өзендердің тасқын су басу қаупін бағалаудың дәстүрлі және инновациялық әдістері зерттелді. Су тасқынын үлгілеудің анық нәтижелерін алу үшін мониторингтік, картографиялық деректер мен далалық өлшеулер, цифрлық гарыштық суреттер мен аэрофотосуреттер сияқты көптеген деректерді талдау қажеттілігі көрсетілді.

Akiyanova F.Zh., Frolova N.L., Karakulov Y.M., Shaimerdenova A.M.

MATERIALS AND METHODS OF FLOODS RISK ASSESMENT ON THE ESIL AND NURA RIVERS WITHIN ASTANA SUBURBAN AREA

Key words: floods, Esil River, Nura River, flooding, Astana suburban area

Traditional and innovative methods of flooding risk assessment within lowland rivers using the example of Esil and Nura Rivers were studied. The necessity of big amount of monitoring, map data and field measurements, digital satellite images and detailed aerial photography for credible floods modelling results getting was showed.