

УДК 556.161, 556.166, 556.16|45|

Канд. техн. наук

Р.Г. Абдрахимов¹А.Ф. Елтай^{2,1}**ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ПЛОЩАДЕЙ ЗАТОПЛЕНИЯ РЕК
РАВНИННОГО КАЗАХСТАНА (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ НУРА)**

Ключевые слова: дистанционное зондирование земли, карты затопления, климат, космические снимки, река Нура, осадки, расход воды, температура, Центральный Казахстан

Проанализированы многолетние данные метеорологических (осадки, температура воздуха) и гидрологических (расходы воды) параметров бассейна реки Нура. Собраны и проанализированы космические снимки из архива данных Landsat для района гидростата у с. им. Р. Кошкарбаева. Динамика развития паводка у с. им. Р. Кошкарбаева на р. Нура представлена в виде карт зон затопления за весенние периоды 2014...2016 гг.

Явление интенсивного затопления территории, которое может привести к гибели или ухудшению здоровья населения, а также причиняющий материальный ущерб называется наводнением. Они отмечаются при половодьях, паводках, прорывах дамб и плотин и как стихийное бедствие не могут быть целиком предотвращены. Их можно только ослабить и локализовать [9].

Одними из основных проблем, которые приводят к большим ущербам во время половодий на территориях Казахстана, являются, во-первых, отсутствие достаточного количества информации об опасности затопления территорий, во-вторых, отсутствие законодательно закрепленных правил хозяйственного использования земель, подверженных сезонным затоплениям. По статистике за последние 10 лет в Казахстане зарегистрировано более 300 наводнений различного происхождения, из которых 70 % приходится на наводнения, связанные с весенним половодьем, 30 % были вызваны дождями и 10 % другими причинами [10].

¹КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан.

²РГП «Казгидромет» НИЦ, г. Алматы, Казахстан.

Как известно наводнения на казахстанских реках отмечаются практически ежегодно. При этом значительные наводнения, приносящие огромный ущерб и продолжительные трудности в жизнеобеспечении большого числа населенных пунктов повторяются, как правило, 1 раз в 50...100 лет.

В современных условиях с увеличением плотности населения и благоприятной экономической ситуаций в стране, а также изменения климатических условий риски, связанные с возникновением наводнений и их опасность, возрастают. Так было, например, весной 1993 г., когда в связи с избыточными снегозапасами, резким и продолжительным потеплением, весенними дождями наблюдались наводнения практически на всех равнинных реках республики. По данным Государственного Комитета Статистики за 10 июля 1993 г., пострадали 669 населенных пунктов, погибло 6 человек, эвакуировано 12,7 тыс. человек. Затопленными и разрушенными оказались 7 тыс. домов общей площадью 635 тыс. м². Затоплению также подверглись 50 тыс. га посевных площадей, 2,3 тыс. животноводческих помещений, погибло 66 тыс. голов скота, пришли в негодность 875 км автомобильных дорог, 718 км линий электропередач, 275 км линий связи, 513 гидротехнических сооружений. Практически ежегодно наводнения охватывают разные регионы Казахстана, нанося огромный экономический ущерб [10].

Увеличение числа наводнений, и ущерб от их последствий, связаны, как с климатическими изменениями, так и с интенсивным строительством хозяйственных объектов в долинах рек. Рост средних годовых температур воздуха и количества осадков за последние десятилетия обуславливает значительные разливы рек.

Анализ режима средних годовых температур воздуха и количества годовых сумм осадков по длинорядным метеорологическим станциям (МС) в бассейне р. Нура позволяет оценить возрастание угрозы наводнений на территории Казахстана. По данным метеорологических станций, расположенных в бассейне реки, рост средних многолетних годовых температур, начиная с семидесятых годов прошлого столетия (рис. 1) составил в среднем 0,96 °С (табл. 1).

Увеличение годовых осадков в многолетнем режиме отчетливо наблюдается с 1990-х годов по данным МС Корнеевка и Караганда, которые являются наиболее репрезентативными для бассейна р. Нура и расположены на высотах соответственно 624 м и 533 м. Суммарные интегральные кривые данных характеристик показывают тенденцию роста годовых сумм осадков с начала 1990-х годов (рис. 2). Количественные

показатели изменения средних многолетних величин годовых осадков приводятся в табл. 2.

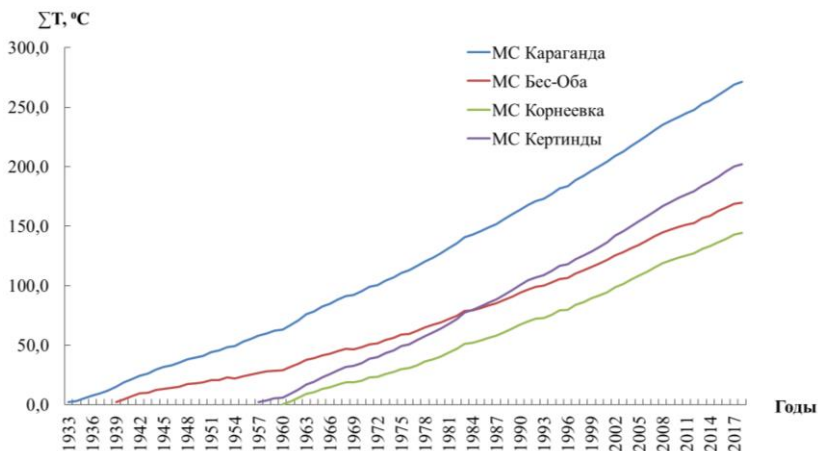


Рис. 1. Суммарные интегральные кривые средних годовых температур воздуха по МС Караганда, Бес-Оба, Корнеевка, Кертинды.

Таблица 1

Средние многолетние температуры воздуха ($t, ^\circ\text{C}$) в бассейне р.Нура

МС	Расчетный период	$t, ^\circ\text{C}$	Приращение $t, ^\circ\text{C}$
Бес-Оба	1939...1969	1,50	1,02
	1970...2018	2,52	
Корнеевка	1960...1969	1,88	0,68
	1970...2018	2,56	
Караганда	1933...1969	2,50	1,15
	1970...2018	3,65	
Кертинды	1957...1969	2,50	0,97
	1970...1918	3,47	

Как видно за последние 20 лет средние многолетние годовые суммы осадков возрасли на 51...53 мм, т.е. на 16 % по сравнению с прошлым периодом. Увеличение количества осадков в бассейне реки приводит к росту водности водотоков и риску наводнений. Так, в среднем течение, по данным гидропоста ж.д.-ст. Балыкты, годовой сток реки начиная с 1990-х годов увеличился в среднем с 4,5 м³/с до 5,4 м³/с, т.е. на 20 %, а в нижнем течение у с. им. Р. Кошкарбаева с 15,8 м³/с до 17,7 м³/с – на 12 %. Средние многолетние значения годового стока оценивались по восстановленным рядам средних годовых расходов воды без влияния антропогенных нагрузок, то есть в условно естественном состоянии [2].

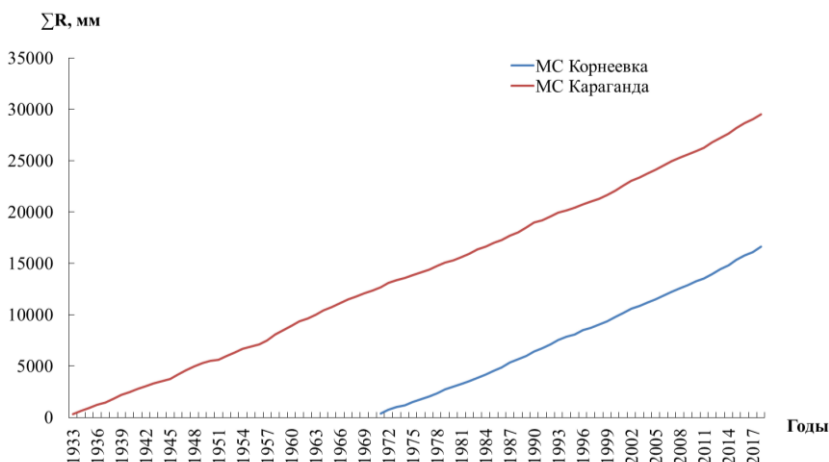


Рис. 2. Суммарные интегральные кривые средних годовых осадков по МС Караганда и Корнеевка.

Таблица 2

Средние многолетние значения годовых сумм осадков(X , мм)

МС	Расчетный период	X , мм	Приращение	
			X , мм	%
Корнеевка	1971-1989	316	51	16,1
	1990-2018	367		
Караганда	1933-1989	325	53	16,3
	1990-2018	378		

В связи с этим приоритетными задачами, которые необходимо решать сегодня специалистам гидрометеорологического профиля являются: прогноз формирования волн половодья, распространение их вниз по реке и оценка площадей затопления.

Для расчета распространение волны половодья вниз по реке использовалась американская модель FLO-2D. Моделирование случаев катастрофических наводнений на реках Жайык, Нура, Ертис, Тобыл позволили оценить площади затоплений и выявить потенциальные территории, подверженные затоплению в будущем в случаях прохождения половодья более редкой повторяемости [1, 5].

В настоящее время Комитет по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан для контроля прохождения паводковых вод и наводнений использует мониторинг на основе космических снимков. На основе данного мониторинга создаются декадные карты зон затопления, которые позволяют следить за развитием наводнений [3].

Моделирование процессов формирования паводков и их пространственно-временное распространение в бассейнах рек позволит создавать качественно новые карты для различных условий, обуславливающих максимальный сток и заблаговременный прогноз размеров территорий, которые подвержены затоплению, а точность оценки затопляемых территорий в связи с этим носит принципиальный характер.

При использовании методики пространственно-временной динамики территорий, которые подвержены наводнениям можно определить реальные зоны затопления, а оценка точности их границ зависит от пространственного разрешения используемых космических снимков. Архив снимков миссии Landsat геологической службы США (USGS - United States Geological Survey) может использоваться для более детального рассмотрения района паводков. Тип сенсора выбирается исходя из поставленных задач, имеющихся ресурсов и климатических условий. В ситуации, когда климатические условия мешают съёмке (большая облачность), оптические снимки не подходят и используются данные радарных снимков, которые нечувствительны к атмосферным помехам [4, 6-7].

Оценка потенциального развития паводков на основе анализа временных рядов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) приведена на примере р. Нура в районе села Р. Кошкарбаева. Для данного участка р. Нура были собраны данные космического мониторинга за 2010...2016 гг.

На рис. 3 представлен сезонный ряд космических снимков бассейна р. Нура пост с. им. Р. Кошкарбаева во время половодья 2015...2016 гг. Из них видно, что половодье началось в конце марта и достигло максимума примерно в середине апреля, в конце мая уровни воды начали снижаться и половодье закончилось к началу лета. Следует отметить, что не редко сильная облачность не позволяет получать информацию о подстилающей поверхности, но облачность с разрывами или в виде дымки часто позволяет оценить зоны затопления по данным спутниковых снимков LANDSAT, в том числе в том случае, когда по данным спутниковых снимков MODIS такую оценку провести нельзя.

Отметим, что данные космических снимков по сезонам года могут характеризовать территории, которые подвергаются затоплению в конкретный сезон и дают возможность получить оценку частоты затопления территории (зоны риска) и провести сравнительный анализ прохождения половодья и паводков для различных периодов. Временной ряд содержит данные из разных периодов и располагается от минимума зон

затопления к максимуму. Тем самым получается пространственно-временная динамика потенциального затопления исследуемой территории при прохождении паводка. Полученная динамика может быть полезна при планировании мероприятий по предотвращению и минимизации ущерба от паводков и наводнений, а также при организации спасательно-эвакуационных работ [4, 8, 11].



Рис. 3. Динамика развития паводка на р. Нура – с. Р. Кошкарбаева за период с апреля по июль 2016 г. [4].

Решение задачи выделения в весенний период зон затопления по данным космической съемки с использованием алгоритмов автоматической

классификации в среде ArcGIS-10.4.1 проходит в три этапа. Основным этапом является выделение водной поверхности на космических снимках и построение оперативных карт затопленных территорий. Зоны затопления на них определяются как разница водных поверхностей в нормальных условиях, определяемых по осенним снимкам, и на текущем снимке. Эти карты позволяют оперативно отслеживать динамику развития ситуации, оценивать потенциальную опасность для населенных пунктов и особо важных объектов. Они содержат информацию о зонах затопления в исследуемый сезон года. Если создавать карты для всех сезонов года, то можно определить динамику развития паводков. Располагая эти данные в порядке возрастания зон затопления, получаем пространственно-временную динамику потенциального развития паводка от слабого до наибольшего.

Зоны пересечения сезонных карт характеризуют частоту затопления за наблюдаемый многолетний период, то есть риски затопления исследуемой территории: чем выше высота, тем выше риск затопления. Суммирование всех зон затопления, зафиксированных на сезонных картах, позволяет оценить реальную величину и пространственное расположение подверженных затоплению площадей на исследуемой территории при прохождении паводковых вод и наводнений.

Результаты оценки пространственно-временной динамики потенциального развития паводков на основе анализа многолетних временных серий снимков LANDSAT 7 за 2014...2016 гг. для районов у с. им. Р. Кошкарбаева на р. Нура приведены на рис. 4. Здесь разным цветом отмечены площади затопления от начальной до максимальной фазы половодья (паводка).

Пространственно-временная динамика потенциального развития паводков на основе многолетних временных серий ежедневных ДЗЗ дает временную последовательность затопления территорий при развитии половодья (паводка). При этом каждая фаза этой последовательности определяет реально зафиксированные границы зон затопления, полученные практически в один и тот же момент времени.

Карты опасности и риска затоплений должны охватывать географические районы, которые могут быть подвержены негативному воздействию вод в соответствии с различными сценариями:

1. Наводнения с низкой вероятностью возникновения, экстремальные, исторические наводнения. Например, наводнения с вероятностью возникновения один раз в 1 000 лет, в 500 лет, в 200 лет.

2. Наводнения со средней вероятностью возникновения, вероятный период повторения ≥ 100 лет, т. е. наводнения с вероятностью возникновения один раз в 100 лет.
3. Наводнения с высокой вероятностью возникновения, регулярные наводнения, если необходимо. Например, наводнения с вероятностью возникновения один раз в 20 лет, один раз в 10 лет, один раз в 5 лет.

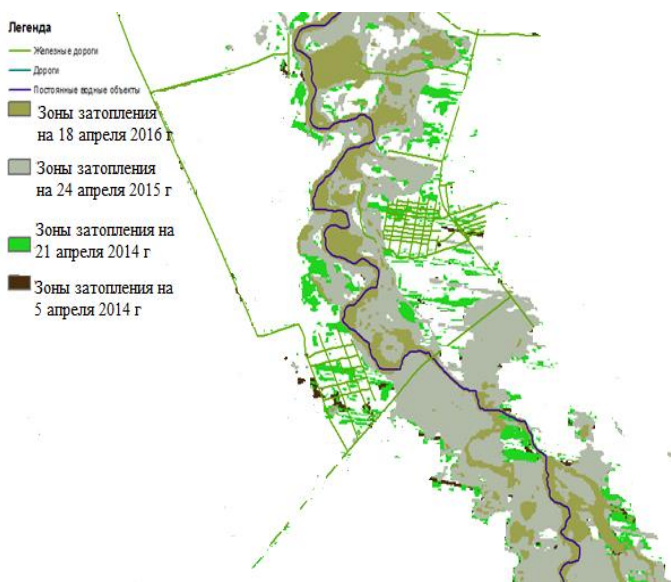


Рис. 4. Динамика развития половодья(наводка) у с. Р. Кошкарбаева на реке Нура за весенний период 2014...2016 гг.

Полученные результаты показали, что метод создания карт опасных зон затопления территорий, подверженных наводнениям при различных возможных ситуациях формирования волн половодья с помощью известных пространственно-временных моделей стока рек, может быть применен для всех потенциально опасных бассейнов рек республики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахимов Р.Г., Бекмухамедов Б.Э., Каипов И.В., Кошкарбаева А.С. Моделирование наводнений дождевого генезиса // Гидрометеорология и экология. – 2014. – № 4. – С. 58-70.
2. Абдрахимов Р.Г., Елтай А.Ф. Характеристики годового и максимального стока реки Нура // Гидрометеорология и экология. – Алматы. – 2016. – № 1. – С. 80-86.

3. Архипкин О.П., Сагатдинова Г.Н. Использование различных оптических и радарных данных дистанционного зондирования при оперативном космическом мониторинге паводков в Казахстане // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2016. – № 9. – С. 1045-1058.
4. Архипкин О.П., Сагатдинова Г.Н., Бралинова Ж.А. Оценка потенциального развития паводков на основе анализа многолетних временных рядов ДДЗ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2014. – Т. 11, № 4. – С. 127-136.
5. Бекмухамедов Б.Э., Каипов И.В., Кошкарбаева А.С. Оценка масштаба наводнения на казахстанской части реки Жайык (Урал) по результатам математического моделирования и их сравнение с данными космического мониторинга // Космические исследования и технологии. – 2014. – № 1. – С. 30-35.
6. Доступ к данным Landsat. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-data-access?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con (дата обращения: 18.04.2018).
7. Пользовательский интерфейс EarthExplorer [Электронный ресурс]. – URL: <http://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 20.03.2018).
8. Спивак Л.Ф., Архипкин О.П., Панкратов В.С., Шагарова Л.В., Сагатдинова Г.Н. Технология мониторинга паводков и наводнений в Западном Казахстане // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – М.: Полиграфсервис. – 2004. – С. 90-98.
9. Тарарин А. М. Космический мониторинг и оценка риска затопления урбанизированных территорий в периоды половодий: Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Н. Новгород., 2010. – 24 с.
10. Управление рисками наводнений. Методическое пособие / Под ред. С.Д. Шарипханова, К.Ж. Раимбекова, А.Б. Кусаинова – Кокшетау: Кокшетауский технический институт КЧС МВД Республики Казахстан, 2015. – 94 с.
11. Directive of the european parliament and of the council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks//Official Journal of the European Union [Электронный ресурс]. –URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/> (дата обращения: 8.08.2019).

Техн. ғылымд. кандидаты

Поступила 18.10.2019

Р.Г. Абдрахимов

А.Ф. Елтай

ЖАЗЫҚТЫҚ ҚАЗАҚСТАН ӨЗЕНДЕРІНІҢ СУ ЖАЙЫЛУ АУДАНДАРЫН БАҒАЛАУ ҚАҒИДАСЫ (НҰРА ӨЗЕНІ МЫСАЛЫНДА)

Түйін сөздер: жерді қашықтықтан зондылау, су жайылу карталары, климат, ғарыштан суретке түсіру, Нұра, жауын-шашын, су шығыны, температура, Орталық Қазақстан.

Нұра өзені бассейнінің метеорологиялық (жауын-шашын, ауа температурасы) және гидрологиялық (су шығыны) параметрлерінің ұзақ мерзімді деректері талданады. Спутниктік кескіндер Landsat мұрағатынан Р. Қошқарбаев атындағы гидрологиялық пост маңы үшін деректер жиналды және талданды. 2014...2016 жж. көктемде Нұра өзеніндегі Р. Қошқарбаев ауылы маңындағы су тасқынының даму динамикасы су тасқыны аймақтары карталары түрінде көрсетілген.

R.G. Abdrahymov, A.G. Yeltay

PRINCIPLES OF THE ASSESSMENT OF AREAS OF FLOODING OF THE RIVERS OF PLAIN KAZAKHSTAN (ON THE EXAMPLE OF THE NURA RIVER)

Key words: remote sensing of the earth, flooding maps, climate, satellite images, Nura River, precipitation, water consumption, temperature, Central Kazakhstan.

Analyzed long-term data of meteorological (precipitation, air temperature) and hydrological (water flow) parameters of the Nura river basin. Collected and analyzed satellite images from Landsat data archive for the hydrological station near the R. Koshkarbayev district. The flood development dynamics near the R. Koshkarbayev district on the Nura River for the spring of 2014...2016 are presented in the form of maps of flood zones.