

УДК 556.51. (282.247.42)

ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ УРАЛ

© 2014 г. Ж.Т. Сивохиц, Ю.А. Падалко*

Институт степи УрО РАН, г. Оренбург

Поступила в редакцию 20.05.2014 г.

В статье проведен анализ географо-гидрологических условий водосборной территории бассейна р. Урал как факторов опасных гидрологических явлений. Рассмотрена естественная внутригодовая изменчивость речного стока как ведущего фактора развития гидрологических экстремумов на реках степной зоны. В ходе оценки сезонной изменчивости речного стока выявлено снижение доли весеннего и увеличение меженного стока, особенно в зимний период. Проведен территориальный анализ опасных гидрологических явлений в бассейне р. Урал. В заключение обращается внимание не только на природную, но и на антропогенную обусловленность опасных гидрологических явлений в бассейне р. Урал.

Введение. Главной особенностью физико-географических условий водосборных территорий является пространственно-временное распределение зональных гидротермических факторов, определяющих внутригодовую изменчивость поверхностного и подземного стока. Максимальная изменчивость стоковых характеристик наблюдается в пределах крупных речных бассейнов со сложным геолого-геоморфологическим строением водосборных территорий и охватывающих различные природные зоны. В целом степная зона Северной Евразии, в пределах которой располагается значительная часть бассейна Урала, относится к достаточно устойчивой природной геосистеме, функциональные особенности которой зависят от зональных принципов распределения тепла и влаги. Тем не менее, в условиях континентальности климата и открытости степных ландшафтов, быстрая смена холодного сезона теплым (иногда в течение декады), приводит к проявлению такого опасного гидрологического явления, как *весеннее половодье*. Следует отметить, что для большинства рек Европейской России весеннее половодье является регулярно повторяющимся гидрологическим экстремумом, отражающим особенности естественной внутригодовой изменчивости вод-

ного режима. Вместе с тем, в отдельные годы весеннее половодье сопровождается катастрофическими последствиями – затоплением обширных участков поймы, разрушением и повреждением жилых построек, мостов, линий электропередач, изоляцией населенных пунктов и др. Так, начиная с 1743 г. (год образования г. Оренбурга), в пределах бассейна р. Урал отмечается более 20 случаев крупных наводнений (1749, 1854, 1922, 1942, 1957, 1993, 2000, 2005 гг. и др.).

Общеизвестно, что решающую роль в развитии высоких половодий играет комбинация действующих факторов – запас воды в снежном покрове, атмосферные осадки в период снеготаяния и половодья, увлажнение почвы, интенсивность снеготаяния и дружность половодья и др.

Физико-географическая характеристика и особенности водного режима бассейна р. Урал. Для таких регулярно повторяемых опасных гидрологических явлений, как весеннее половодье, ключевое значение имеют зональные физико-географические особенности водосборных территорий. В первую очередь это относится к динамичным метеорологическим факторам, которые, действуя через почву, биоту, определяют возникновение и масштабы гидрологических экстремумов [8]. Кроме этого, важно учитывать определенные физико-географические условия водосборных территорий, в пределах которых формируется основной сток главной реки. Река

* Статья подготовлена в рамках выполнения проекта РФФИ № 13-05-97028 “Разработка принципов интегрированного управления водными ресурсами трансграничного бассейна р. Урал”.

Урал относится к водотокам с транзитным стоком, активная зона водосбора лежит за пределами степной зоны – около 40% суммарного стока формируется в бассейне правого притока – р. Сакмара.

Территория бассейна р. Урал характеризуется резко континентальными климатическими условиями, со значительной амплитудой колебаний годовых температур воздуха (34–38 °С) и неравномерным распределением осадков [2]. Максимальное количество осадков выпадает в северо-западных и северо-восточных районах (400–450 мм), а в южных и восточных – 250 мм. В связи с этим общее увлажнение исследуемой территории характеризуется значительной межгодовой изменчивостью, что отражается на показателях водности рек. Следует отметить, что в пределах верховий бассейна р. Урал (р. Сакмара с притоками) зональное распределение влаги нарушают южные отроги Уральских гор, в результате формируются районы повышенной водности, где модуль стока изменяется в широких пределах. Основной район повышенной водности представлен замкнутыми изолиниями модуля стока от 8 л/с км² [1]. Значительно отличаются по объему стока притоки западных и восточных склонов южных отрогов Уральских гор – в западном направлении, к Общему Сырту, сток снижается до 2.5 л/с км², а в восточном и южном – до 1–2 л/с км². В то же время, верховья бассейнов р. Б. Ик, Сакмара располагаются между хребтами и поэтому они закрыты для непосредственного воздействия западных влагоносных воздушных масс, что вызывает значительную изменчивость выпадения осадков и резкое увеличение вариации годового стока притоков [1].

Согласно физико-географическому районированию, значительная часть территории бассейна р. Урал расположена в пределах Восточно-Европейской равнины и Уральской горной страны (рис. 1). К западу от главного ландшафтного рубежа, Предуральского краевого прогиба, преобладают холмисто-увалистые и равнинные ландшафты, а к востоку доминируют низкогорные и мелкосопочные ландшафты, сменяющиеся высокой пенеппенизированной равниной.

В зависимости от физико-географической специфики водосборных участков в пределах бассейна р. Урал выделяют четыре основных гидрологических района [2]:

1. *Северный горный лесостепной район* – бассейны правых притоков р. Урал (р. Б. Ик, Сакмара до впадения р. Б. Ик и др.). Годовой модуль стока равен 3.5–6 л/с км².

2. *Юго-западный, южный и центральный степной увалистый район* с незначительным стоком (годовой модуль стока – 1.5–3 л/с км²). Район охватывает бассейн р. Урал в среднем течении.

3. *Восточный южно-степной район*, характеризующийся минимальным в бассейне стоком (годовой модуль стока – 0.5–1 л/с км²). Район охватывает верховья левых притоков р. Урал (р. Жарлы, Суундук, Кумак и др.).

4. *Южный полупустынный и пустынный низменно-равнинный район* с модулем стока 0.5 л/с км². Охватывает нижнее течение реки с потерей транзитного стока 20%.

По характеру водного режима водотоки исследуемого бассейна относятся к рекам с весенним половодьем казахстанского типа, для которых характерна резкая и высокая волна половодья, а остальную часть года сток бывает очень мал, вплоть до полного пересыхания рек [4]. Кроме этого, водотоки бассейна характеризуются значительной межгодовой амплитудой показателей стока – в многоводный год общий сток р. Урал может быть в десятки раз больше, чем в маловодный. Например, в 1957 г. годовой расход реки составил 24 км³, а в 1967 г. – лишь 2.6 км³ [6]. Также существуют определенные различия в показателях обеспеченности максимальных расходов крупных рек бассейна (рис. 2).

Как отмечалось выше, опасные гидрологические явления на реках степной зоны наблюдаются преимущественно в весенний период и обуславливаются естественной внутригодовой изменчивостью речного стока (табл. 1). Определение внутригодовой изменчивости проводилось на основе сравнительного анализа объемов стока за два периода – с 1940 по 1961 г. и с 1990 по 2008 г.

$$W_{\text{мес.}} = Q_{\text{ср. мес.}} T/n,$$

где T – число секунд в месяце, n – период наблюдений (лет).

Согласно данным таблицы, в настоящее время в бассейне р. Урал наблюдаются определенные изменения в распределении водности по гидрологическим сезонам и прежде всего необходимо обратить внимание на снижение доли весеннего и увеличение межлетнего стока, особенно в зимний период. Уменьшение доли весеннего стока отражает современную эколого-гидрологическую обстановку рек Европейской России на фоне климатических изменений и интенсивной антропогенной деятельности в пределах водосборных территорий. Следует отметить, что значительные коррективы в увеличение доли межлетнего стока вносят зимние оттепели, повторяющиеся в исследуемом регионе в последнее время с регулярной

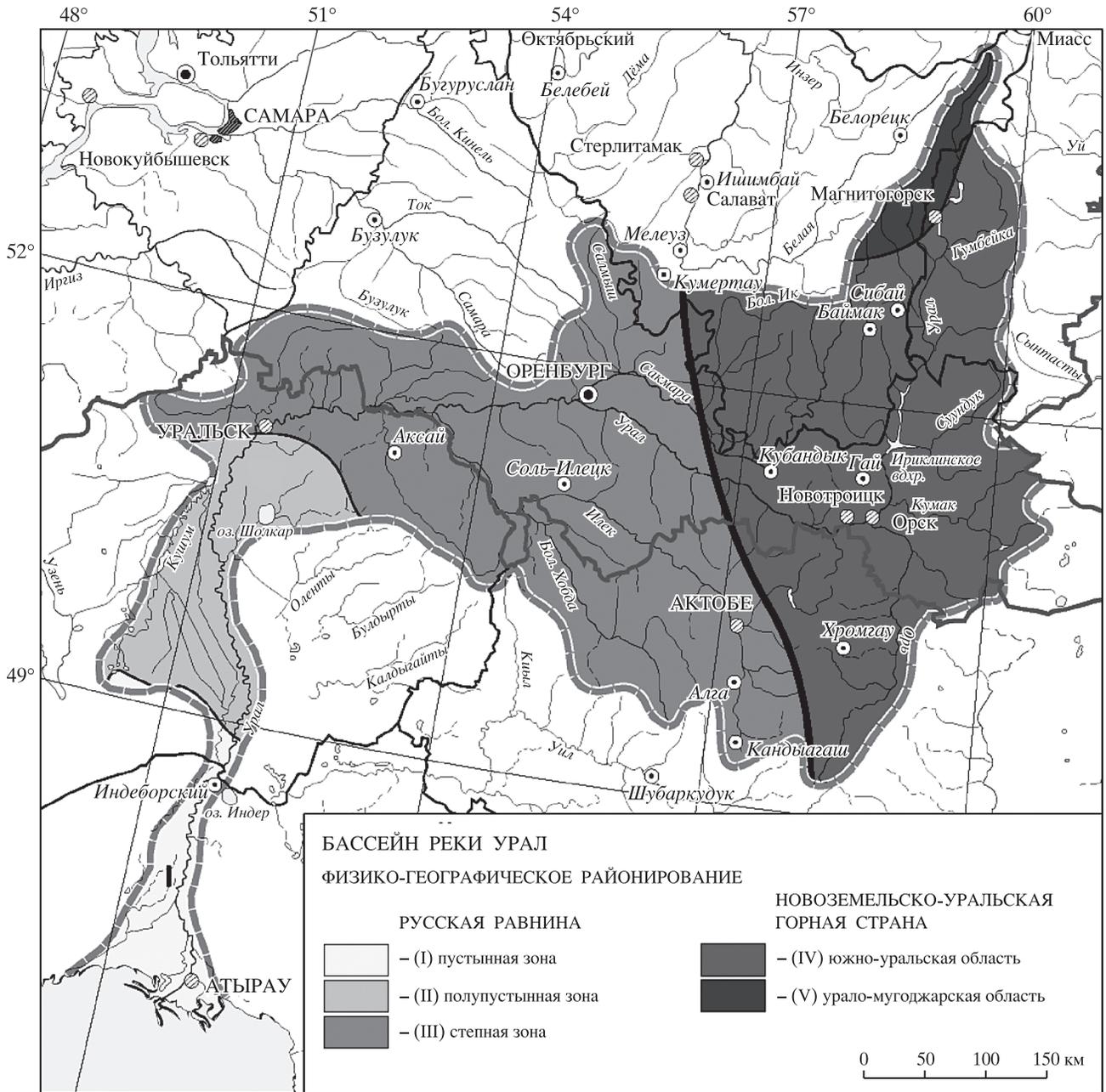


Рис. 1. Физико-географическое районирование бассейна р. Урал.
 а) р. Урал – г. Оренбург б) р. Сакмара – с. Каргала

частотой (рис. 3). В результате, основная часть сформировавшейся во время оттепелей воды расходуется на увеличение влажности деятельного слоя почвы, что создает благоприятные условия для инфильтрационного питания подземных вод и закономерному увеличению меженного стока многих рек [7].

Естественно, что уменьшение объема весеннего стока сопровождается снижением максимумов половодья и развитием более стабильной эколого-гидрологической ситуации в поймах рек. Но в

связи с тем, что население, отвыкшее от весенних паводков, начинает стихийно осваивать пойменные участки, данная тенденция не снижает опасности проявления гидрологических максимумов в бассейне р. Урал.

Для бассейна р. Урал, как и для других рек степной зоны, основным источником влагозапасов является снеговое питание. Накопление осадков в виде снега определяет главные черты водного режима рек умеренного климата – наличие весеннего половодья и зимней межени [3]. Исследуемая

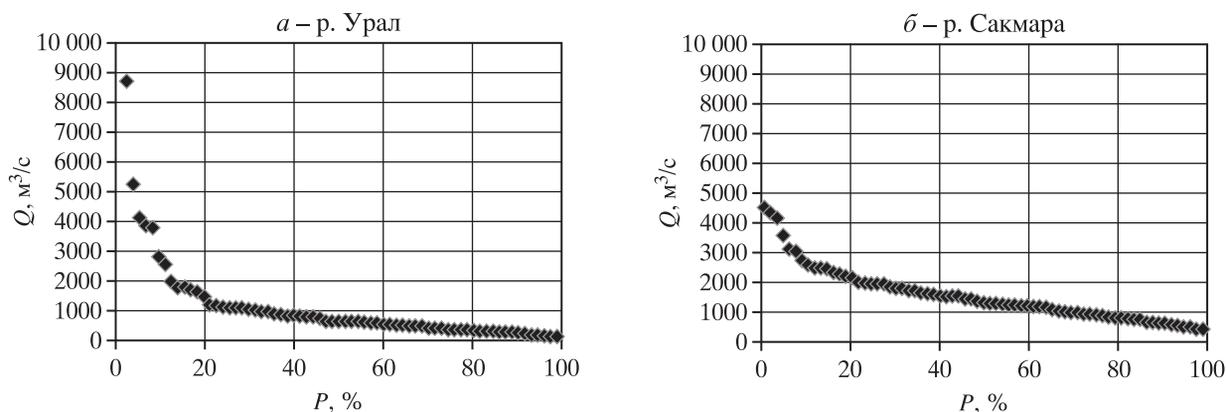


Рис. 2. Кривые обеспеченности максимальных расходов р. Урал и Сакмара.

территория относится к районам с устойчивым залеганием снежного покрова в течение 2.5–5 месяцев в году с наиболее интенсивным снегонакоплением в декабре–январе. Распределение снеготазов соответствует широтной изменчивости количества зимних осадков, на интенсивность накопления снега влияют также ландшафтные особенности местности. Процессы снегонакопления в залесенных низкогорных массивах Южного Урала (верховья рр. Урал, Сакмара) примерно в 1.2–1.5 раза интенсивнее, чем в пределах степных участков. В верхнем течении р. Урал величина снеготазов за многолетний период составляет 70–120 мм, а в среднем и нижнем – 30–50 мм. Наибольшая величина тазов воды в снеге – 200 мм отмечается в горной залесенной части бассейна р. Сакмары – главного притока р. Урал. Средние даты схода устойчивого снежного покрова колеблются в пределах от первой декады марта на юге до первой декады апреля в восточных районах бассейна р. Урал и второй декады апреля в пределах западных участков. Установление погоды с теплыми воздушными массами, обычно сопровождающимися активной циклонической деятельностью, приводит к дружному снеготаянию на всей водосборной площади и сближению прохождения максимальных расходов в притоках, вызывая глубокое затопление поймы р. Урал.

Обобщая вышесказанное, отметим, что в районах с низкогорным рельефом, составляющих большую часть активной зоны формирования стока р. Урал, естественная изменчивость гидроклиматических факторов более существенна, чем на равнинных территориях. Поэтому для оценки и прогнозирования опасных гидрологических ситуаций для низкогорных районов необходим более детальный учет водно-ресурсных компонентов ландшафта.

Территориальный анализ опасных гидрологических явлений в бассейне р. Урал. Очевидно,

что пространственная специфика гидрологических экстремумов на степных реках определяется зональным распределением гидроклиматических показателей в сочетании с морфометрическими особенностями речной сети. Также важно учитывать сближение сроков прохождения волн половодий отдельных притоков, которые в зависимости от степени сближения будут увеличивать высоту половодья и наоборот [5]. В частности, бассейн реки Урал простирается с севера (горная, лесная зона, с осадками 600–800 мм) на юг (степная зона, с осадками 300–350 мм), вследствие этого отмечаются локальные и транзитные максимумы в ходе весеннего половодья. Важно отметить, что дружность половодий изменяется в зависимости от типа рельефа, даже в пределах равнинных территорий она может различаться за счет местных особенностей рельефа в 1.5–2.5 раза [3].

Таблица 1. Доля сезонного стока в годовом речном стоке, %

Река, период	Доля стока по сезонам, %			
	весна	лето	осень	зима
Урал – с. Кизильское				
1940–1961	67	22.3	8.6	1.8
1990–2008	61.7	20.3	9.9	8.1
Урал – г. Оренбург				
1940–1961	76	14.6	6.2	3.2
1990–2010	63.1	18	9.1	9.9
Сакмара – с. Татарская				
Каргала (с. Сакмара)				
1940–1961	71.9	15.6	7.5	5
1990–2010	67.9	15.8	8.5	7.8
Бол. Ик – Мраково				
1940–1961	75.1	12.4	8.7	3.9
1990–2008	71.5	13.5	9.2	5.9

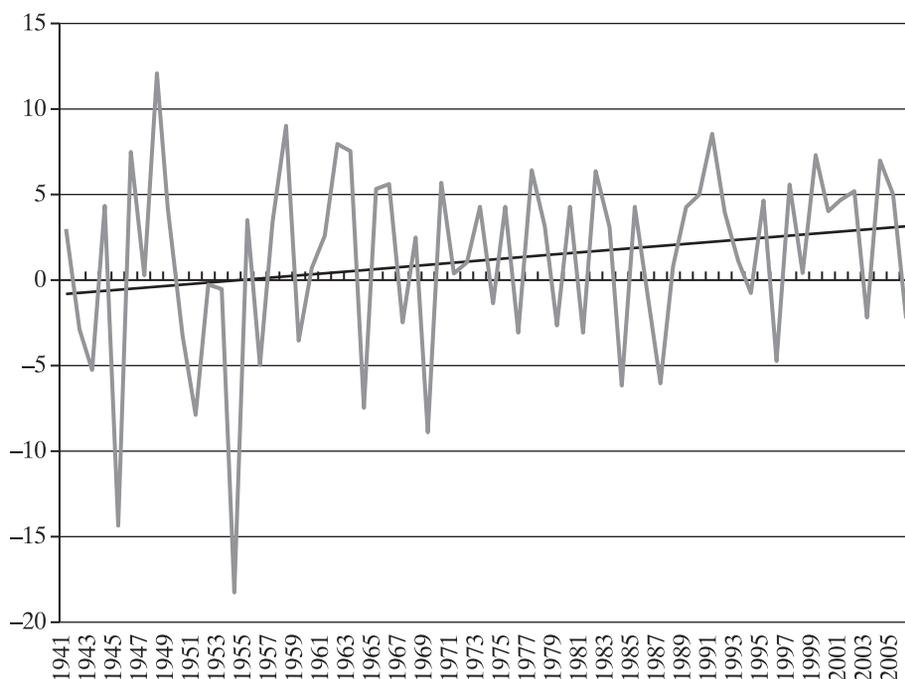


Рис. 3. График суммы максимальных зимних температур (г. Оренбург, 1941–2006 гг.).

Таблица 2. Средние значения уровня воды крупных рек бассейна р. Урал (российский участок)

Река	Пост	Отметка БС	Максимальные уровни, см			Минимальные уровни, см		Колебания за год, см
			Зима	Весна	Лето–Осень	Зимний период	Период открытого русла	
р. Урал	г. Верхнеуральск	397.33	123	178	109	38	31	173
	г. Орск	186.11	182	309	–	91	100	318
	г. Оренбург	81.60	336	593	–	250	243	430
	с. Илек	50.45	244	631	–	167	157	556
р. Сакмара	с. Верхнегалево	357.65	136	277	107	79	74	215
	с Акьюлово	262.28	170	332	160	112	111	249
	с. Каргала	86.97	286	555	271	202	191	438
р. Илек	пос. Веселый	123.90	163	287	140	105	95	212

Как правило, на р. Урал весеннее половодье проходит одной волной, на подъеме, гребне и реже на спаде которой наблюдаются незначительные колебания уровней, связанные главным образом с неодновременным прохождением отдельных фаз половодья в различных частях бассейна. Наиболее сложная гидрологическая ситуация в период активного снеготаяния наблюдается в верховьях бассейна р. Урал, с водосборными территориями, охватывающими низкогорные лесные и степные равнинные ландшафты. В пределах данных гидрографических участков обычно наблюдается два

пика половодья, первый из которых обусловлен притоком воды с предгорной, слаболесенной части бассейна, а второй – с горных и залесенных участков, различающихся сроками снеготаяния. Во время таяния скорость подъема воды от 40 до 80 см в сутки является нормой, а максимальная скорость подъема в среднем течении Урала достигает 3 м в сутки (табл. 2). В бассейне р. Сакмара наблюдается гребенчатый ход уровня, объясняющийся неравномерным поступлением талой воды с отдельных небольших частей водосборов и неравномерностью распределения осад-

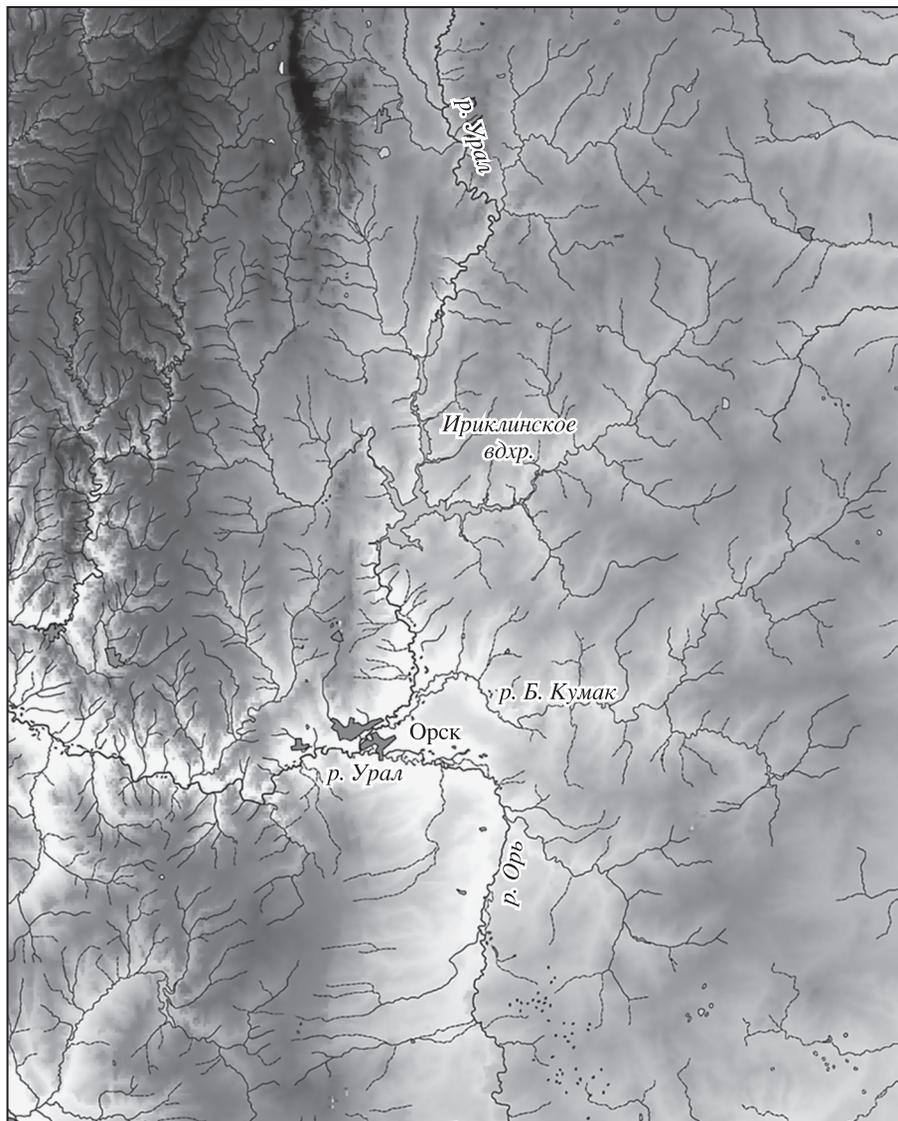


Рис. 4. Геоморфологические особенности долины р. Урал в районе г. Орска (на основе цифровой модели рельефа SRTM).

ков. В 1946 г. в пределах бассейна р. Сакмара был зафиксирован рекордный подъем уровня воды в течение суток – 5.25 м [6].

Спад уровней воды, как правило, происходит значительно медленнее, чем их подъем. Наибольшая интенсивность спада на реках бассейна р. Урал обычно колеблется от 0.3 до 1.3 м в сутки, а в отдельные дружные весны – от 1.5 до 3.3 м. В затяжные весны с частыми возвратами холодов и замедленным темпом снеготаяния спад уровней происходит вяло, с интенсивностью 0.3–1.0 м в сутки.

Распределение интенсивности весеннего половодья в Оренбургской области имеет достаточно четкую пространственную ориентацию – неблагоприятной в паводковом отношении является

широтная часть р. Урал, приходящаяся на Оренбургскую область от г. Орск до с. Илек. Это своеобразная природная котловина, где отметка паводка в 2–3 раза больше, чем в меридиональных частях реки. В паводок высота уровня воды составляет в верховьях и низовьях р. Урал около 3–4 метров, а в среднем течении – 9–10 метров [6]. Обращает на себя и малый уклон реки в среднем течении – порядка 18 см на 1 км при скорости воды 0.2–0.5 м/с, что способствует образованию многочисленных излучин, отмелей и островов, создающих естественные преграды в паводок.

Проблема усугубляется особенностями пространственного рисунка размещения населения, который характеризуется максимальной лока-

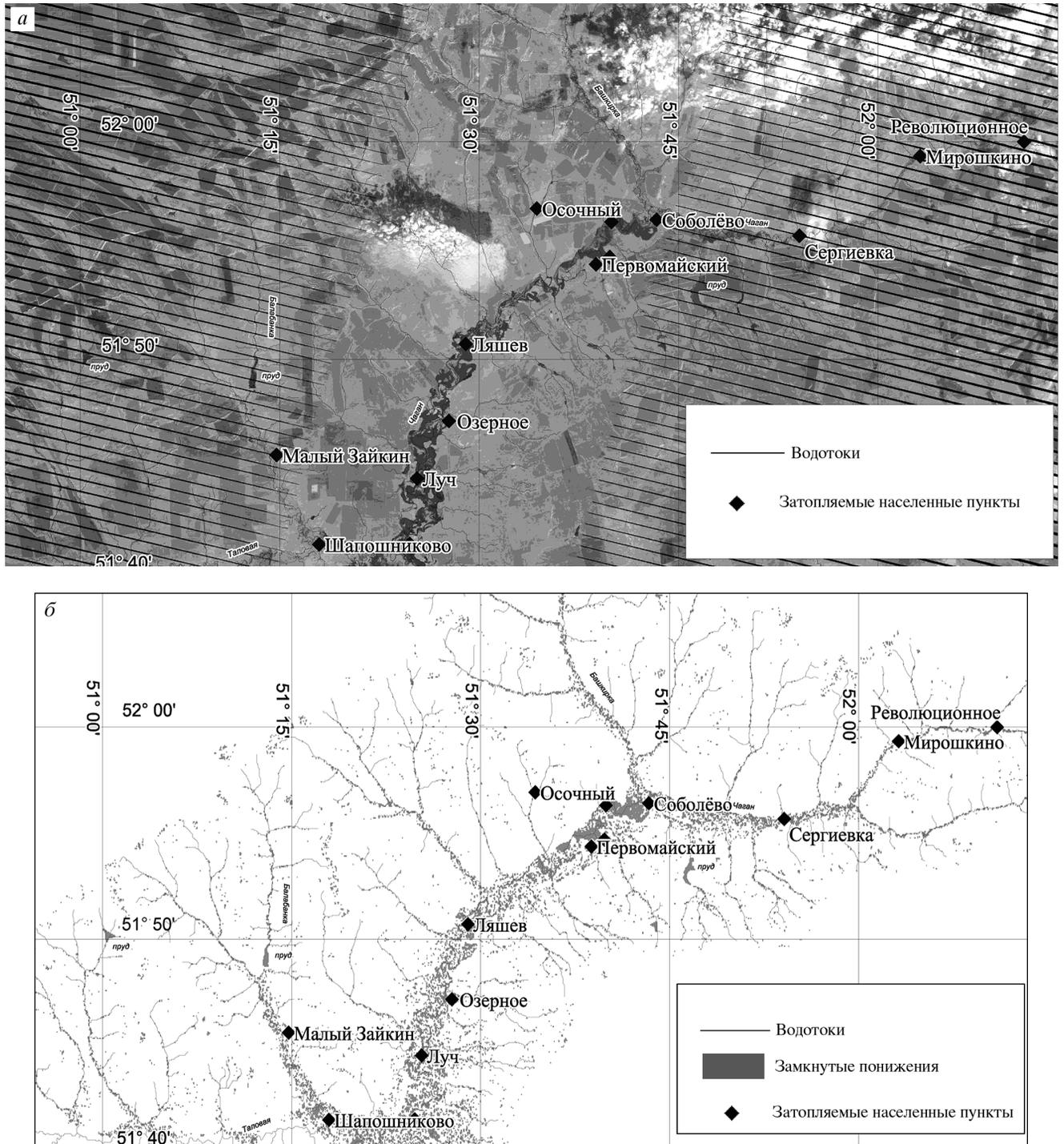


Рис. 5. а – Бассейн р. Чаган во время весеннего половодья (апрель 2012 г., снимок со спутника Landsat 4), б – замкнутые понижения в рельефе бассейна р. Чаган и пострадавшие населенные пункты.

лизацией населенных пунктов в пределах затопляемых участков. Определенное влияние на схему расселения оказал период активного хозяйственного освоения Восточного Оренбуржья, совпавший с маловодными годами и периодом заполнения чаши Ириклинского водохранилища (1956–1966 гг.). Около половины населения, ре-

гулярно попадающего в пределы затопляемой территории, приходится на г. Орск, крупнейший промышленный узел Восточного Оренбуржья (236 тыс. чел), историческая часть которого располагается в пределах сложного гидрографического узла – излучине р. Урал, в устье крупного левого притока – р. Орь (рис. 4).

Более высокая интенсивность протекания описываемого природного явления определяется как геоморфологическими причинами – преобладанием ваннообразных и U-образных эрозионных врезов, разделяющих широкие равнинные пространства, так и особенностями протекания фенологических сезонов – более короткие сезоны в Оренбургском Зауралье и позднее время их наступления по сравнению с западными участками бассейна.

Весеннее половодье обостряет гидрологическую ситуацию в пределах пойменных участков западной, платформенной части бассейна р. Урал. В ходе геоинформационного анализа цифровой модели рельефа речных долин была выявлена целая серия замкнутых понижений, в которых аккумулируется сток в период весеннего половодья или в период выдающихся атмосферных осадков, а также было установлено совпадение областей данных понижений с зонами затопления населенных пунктов (рис. 5а, 5б).

Генезис замкнутых понижений связан с процессами суффозии на территории водосборов и в речных долинах, а также с другими природными и антропогенными факторами. Следует обратить внимание, что развитие подобных форм рельефа и их роль в формировании стока отмечается многими учеными (А.Б. Заводчиков, А.Д. Комаров, И.С. Шпак) в пределах степных пространств Украины и Западной Сибири, в аридных зонах Северного Казахстана. Но данные исследования в большей степени затрагивают проблемы сокращения стока вследствие увеличения инфильтрации вод и не отмечают влияние замкнутых понижений рельефа на развитие опасных гидрологических ситуаций и затопление населенных пунктов.

Выводы. В заключение необходимо обратить внимание не только на природную, но и на антропогенную обусловленность опасных гидрологических явлений в бассейне р. Урал. В частности, в последние годы целая серия непредвиденных катастрофических затоплений населенных пунктов была спровоцирована строительством новых мостовых переходов с малой пропускной способностью. В результате паводков речные воды вышли за пределы высокой поймы и затопили населенные пункты, расположенные на надпойменной террасе и приречных склонах. Кроме этого, в условиях значительного меандрирования реки в ее среднем течении и наличия террас с рыхлыми отложениями, высокая волна весеннего половодья становится причиной катастрофи-

ческого разрушения берегов, на которых расположены селитебные территории, промышленные сооружения, коммуникации, нефтяные и газовые скважины. В частности, в периоды высокого половодья р. Урал на участке Оренбург–Уральск регулярно прорывает русла в меандрах, образуя так называемые прорвы и существенно изменяя и осложняя эколого-гидрологическую обстановку в пойме.

Таким образом, интенсивность весеннего половодья определяется как географическими контрастами между различными частями бассейна р. Урал, так и антропогенными причинами – освоением речных пойм без учета сезонности природных явлений. Проведенные исследования свидетельствуют о необходимости составления долгосрочных прогнозов развития паводковой ситуации с детальной оценкой социально-экономических и ландшафтно-гидрологических последствий. Учитывая специфику речных экосистем, степень использования водных ресурсов и их социально-экономическую значимость, отметим необходимость детальной оценки источников и факторов опасных гидрологических явлений для дальнейшей разработки мер по снижению вероятности возникновения и возможного ущерба от опасных гидрологических ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Быков В.Д.* Сток рек Урала. М.: Изд-во МГУ, 1963. С. 103.
2. Географический атлас Оренбургской обл. М.: Изд-во “ДИК”; Оренбург: Оренб. кн. изд-во, 1999. 95 с.
3. Закономерности гидрологических процессов / Под ред. Алексеевского Н.И. М.: ГЕОС, 2012. 736 с.
4. *Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А.* Гидрология. Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2007. 463 с.
5. *Нежиховский Р.А.* Наводнения на реках и озерах. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 184 с.
6. *Чибилёв А.А.* Бассейн Урала: история, география, экология / Отв. ред. Сивохиц Ж.Т., Грошева О.А. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 312 с.
7. *Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю.* Влияние изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек России // Гидрологические последствия изменений климата: Тр. Британ.-Рос. конф. Барнаул: Изд-во ООО “Пять плюс”, 2009. С. 143–151.
8. Экстремальные гидрологические ситуации / Отв. ред. Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С. М.: ООО “Медиа-ПРЕСС”, 2010. 464 с.

REFERENCES:

1. *Bykov V.D.* Runoff of the Urals. Moscow: MGU, 1963. P.103.
2. Geographic Atlas of Orenburg region. Moscow: Publishing House of the "Dick"; Orenburg book. Publishing House, 1999. 95 p.
3. The regularities of hydrological processes / Ed. Alekseevsky N. Moscow: GEOS, 2012. 736 p.
4. *Mikhailov V.N., Dobrovolsky A.D., Dobrolubov S.A.* Hydrology. Studies allowance. M.: Higher sch., 2007. 463 p.
5. *Nezhihovskiy R.A.* Flooding on rivers and lakes. Gidrometeoizdat, 1988. 184 p.
6. *Chibilev A.A.* River basin Ural: history, geography, ecology / Ed. Sivokhip J.T., Grosheva O.A. Ekaterinburg: Ural Branch of RAS, 2008. 312 p.
7. *Shiklomanov I.A., Georgievskiy V.Y.* Impact of climate change on the hydrological regime and water resources of the rivers of Russia // Hydrological impacts of climate change: Proceedings Britan. Ros. conf. Barnaul Univ LLC "Five plus". 2009. P. 143–151.
8. Extreme hydrological situation / Ed. Koronkevich N.I., Barabanova E.A., Zaitseva I.S. Moscow: OOO "Media-Press", 2010. 464 p.

Geographical and hydrological factors of dangerous hydrological phenomena of the ural river basin

Zh.T. Sivokhip, Yu.A. Padalco*

Institute of Steppe, Ural Branch, Russian Academy of Sciences

The article analyzes the geographical and hydrological conditions of the catchment basin of the river Ural as factors of dangerous hydrological phenomena. Natural intra-annual variability of river runoff as a leading factor in the development of hydrological extremes on the rivers of the steppe zone is considered. The assessment of seasonal variability of river flow shows a reduction in the share of spring flow and the increase of share of low flows, especially in the winter. Territorial analysis of dangerous hydrological phenomena in the basin of the Ural river is conducted. In conclusion, attention is drawn not only to the natural, but also to anthropogenic causes of dangerous hydrological phenomena in the basin of the Ural river.