



УДК 556.52

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.23.17>

Структурно-гидрографический подход к определению экстремально высокого стока

И. Ю. Амосова

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск

Е. А. Ильичева

*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск
Иркутский государственный университет, Иркутск*

Аннотация. Рассмотрена речная сеть как статическая и динамическая модели. Уделено внимание природным условиям, морфометрическим характеристикам бассейна и русловой сети, влияющим на формирование максимального стока. Расчеты максимально возможного стока проведены с использованием динамической модели русловой сети, построенной по цифровой модели рельефа. Для выявления фундаментальных закономерностей строения речных систем, на основе обработки материалов SRTM, для всей водно-эрозионной сети детально рассчитаны структурно-гидрографические характеристики. Исследование направлено на определение удельных характеристик и состава русловой сети и выявление новых индикационных возможностей для оценки стока и возможности возникновения опасных гидрологических явлений. Сравнительный анализ полученных параметров по топографическим картам и автоматизированной обработке показал важность используемого масштаба (топокарт или космоснимков) в исследованиях структуры водно-эрозионной или речной сети для различных задач структурной гидрографии. Применение современных геоинформационных методов позволяет определить полный эрозионный врез и современный объем горных пород, являющихся индикаторами гидрологического режима. Индикационные свойства, заложенные в структуре речной системы, перспективно использовать как для разработки сценариев стока (максимально возможного), так и для ретроспективной оценки стадии развития речной системы.

Ключевые слова: структурная гидрография, энтропийные характеристики, экстремально возможный (максимальный) сток, гидроморфологический коэффициент.

Для цитирования: Амосова И. Ю., Ильичева Е. А. Структурно-гидрографический подход к определению экстремально высокого стока // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 23. С. 17–27. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.23.17>

Введение

В условиях недостаточно плотной современной сети гидрологических наблюдений для оценки водных ресурсов в качестве индикатора экстремально высокой водоносности привлекается структурно-гидрографический анализ речных систем. Такой анализ выполнен для бассейна р. Баргузин.

Экстремальные явления природы – это явления, которые обнаруживаются как мощные разрушительные силы и, как правило, неподвластные влиянию человека. Все стихийные явления, возникающие в природе, подчиняются определенным закономерностям:

1) для каждого вида может быть установлена специфическая пространственная приуроченность. Для рассматриваемой территории абсолютные значения максимального стока различного происхождения отличаются существенно, т. е. роли половодья и паводков в формировании экстремально высокой водоносности приблизительно равны [Кичигина, 2001];

2) чем больше интенсивность явления, тем реже оно повторяется с той же силой. Строение речной сети можно рассматривать как индикатор максимально возможного стока для речной системы;

3) с определенной надежностью стихийное явление может быть предсказано. Не исключена вероятность прохождения исторического максимально возможного стока для какой-либо территории в современное время.

В последнее время наблюдается увеличение числа и мощности наводнений как в традиционных регионах, так и в тех местах, где ранее они не отмечались или протекали без последствий [Алексеев, 1988]. Объяснение этому может заключаться во влиянии антропогенного фактора – в возрастании потребностей в природных ресурсах вследствие роста населения, прогрессивного и скачкообразного развития науки и техники, в результате чего вовлекаются неосвоенные и слабоосвоенные территории. Нередко воздействие человека на природную среду осуществляется с нарушениями законов природы, что вызывает активизацию и усиление проявлений стихийных явлений.

Катастрофические наводнения вызывают затопления огромных территорий в пределах одной или нескольких речных систем. Такие наводнения случаются не чаще одного раза в 100–200 лет или еще реже. Подобная повторяемость наводнений имела место при слабовыраженном антропогенном влиянии. При активной хозяйственной деятельности вероятность повторений экстремальных гидрологических событий во времени увеличивается.

Объект исследования

Рассматриваемая территория расположена в пределах Баргузинского гидрологического района. Район характеризуется благоприятными условиями стокоформирования [Афанасьев, 1976]. Река Баргузин берет начало в пределах северо-западных отрогов Южно-Муйского хребта [Ресурсы поверхностных вод, 1973]. В верхнем течении протекает по горной, сильно пересеченной местности, в среднем выходит в Баргузинскую впадину, в нижнем течении занимает узкую долину, пересекает южные отроги Баргузинского хребта. Низовье расположено на небольшой прибрежной заболоченной низменности вдоль Баргузинского залива. С северо-запада Баргузинскую котловину окаймляет Баргузинский хребет, с юга хребет Ямбунский, с востока – Икатский хребет. Склоны последнего в предгорьях крутые, значительно расчленены долинами рек.

Баргузинский и Икатский хребты сложены архейскими и протерозойскими кристаллическими породами, представленными гранитами, гнейсами и сланцами, а также перекристаллизованными осадочными породами, известняками, доломитами, кварцитами [Афанасьев, 1976], а сама котловина выполнена четвертичными отложениями.

Левые притоки, дренирующие наветренные склоны, характеризуются благоприятными условиями для формирования максимального стока. В правобережных притоках, напротив, наблюдается потеря стока в каньонах [Афанасьев, 1976]. Коэффициент эрозионного расчленения в бассейне составляет $0,65 \text{ км/км}^2$, что обусловлено повышенным увлажнением территории, небольшой величиной испарения и значительными уклонами водосборов. Средний уклон водосбора равен $17,6^\circ$, водной поверхности – $5,3^\circ$. Объем талых и дождевых вод примерно одинаков (по 30–40 %). Периоды летне-осенней и зимней межени характеризуются сравнительно повышенной водностью (по 10–20 % годового стока) и связаны со значительным накоплением запасов подземных вод, менее глубоким промерзанием почвогрунтов, наличием трещиноватых пород, выходов термальных и минеральных источников. За счет озерно-болотной аккумуляции в бассейне происходит снижение максимального стока на 20 %. В котловине, занятой множеством протоков и староречий, пойменными озерами и обширными заболоченными участками, максимальный сток по сравнению с прилегающей территорией трансформируется больше.

Материалы и методы исследования

Речная сеть исследуемой территории рассматривается как статическая и динамическая модели. Статической моделью является совокупность постоянных водотоков, изображенная на топографических картах и соответствующая устойчивому среднесноголетнему стоку. Модель создана на основе графа речной сети и построена по топографическим картам масштаба 1:200 000. По программе «Энтропия» (автор Б. И. Гарцман) определены состав речной сети (порядок по Хортону – Стралеру, Шриву и Шайдеггеру) и структурные характеристики (локальная, суммарная и средняя энтропия).

Структурные характеристики и энтропия учитывают количество элементов (звеньев речной системы), их распределение и взаимосвязь в структуре русловой сети. Именно взаимосвязь таких элементов позволяет использовать энтропийные характеристики как информационные индикаторы характера гидрологических процессов и классификационные элементы [Гидроклиматические исследования Байкальской ... , 2013; Короткий, 1980; Речные системы Дальнего ... , 2015].

Для реальных речных систем практически невозможно (в силу огромных трудозатрат) определить большинство параметров-индикаторов. Использование современных снимков дистанционного зондирования Земли позволяет создать динамическую модель, при которой начинает работать временная сеть, вследствие чего увеличивается количество элементарных водотоков.

Миссия SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, февраль 2000) покрывает территорию от 56° ю. ш. до 60° с. ш. Данные съемки: 16-битный растр, представленный квадратами $1 \times 1^\circ$, в каждом пикселе которого содержится высота над уровнем моря с разрешением, близким к топографической карте масштаба 1:200 000. Покрытие бассейна р. Баргузин перепроектировано в эквидистантную проекцию (Albers_Equal_Area_Conic).

Смоделированная водно-эрозионная сеть отвечает реальной, за исключением мест слабого расчленения рельефа, заболоченной поверхности или заозеренной котловины. На такие территории проводится корректировка линий тальвегов по устойчивому стоку.

Важный аспект применения цифровой модели рельефа (ЦМР) – возможность введения таких характеристик бассейна в рамках геоморфологического анализа, как объем и толщина речного бассейна [Речные системы Дальнего ... , 2015]. Эти характеристики также являются эффективными индикаторами гидрологического режима. Определение их основывается на использовании современных геоинформационных методов. Первоначальным этапом анализа геометрии бассейна является его разбиение на частные водосборы (площади по порядкам).

Объем единичного речного бассейна «по экстремумам» (Wext) представляет собой произведение амплитуды высот и площади для каждого водосбора определенного порядка; для всей речной системы бассейна производится суммирование объемов.

Объем единичного речного бассейна «по средним» (Wave) равен произведению разности средних высот частного водосбора и средних высот его тальвега для различных порядков системы; по всему бассейну значения объемов суммируются.

Основная методика исследования максимально возможного (экстремального) стока состоит в сопоставлении результатов автоматизированной обработки водно-эрозионной сети с русловой сетью и полученных по снимкам SRTM и топографическим картам.

Алгоритм определения максимального стока:

- 1) по условиям формирования стока определить принадлежность речной системы к одной из групп речных бассейнов (по локальной зависимости средней водоносности от структурной меры);
- 2) используя граф речной системы, построенный для всей водно-эрозионной сети (по данным снимков SRTM), рассчитать структурные меры;
- 3) рассчитать максимально возможный сток речной системы как произведение структурного модуля и значения структурной меры;
- 4) методом пространственной интерполяции определить сток.

Результаты

Каждая речная система обладает свойственным только ей рисунком и строением сети. Сеть потоков, построенная по ЦМР, соответствует водно-эрозионной сети (здесь преобладают водотоки низких порядков), выявляет индивидуальные условия формирования максимально возможного стока и присутствие азональных факторов территории.

Для статической модели состава речной сети бассейна р. Баргузин для устойчивого среднесуточного стока исследование проведено по топографическим картам масштаба 1:200 000. Речная система имеет VII порядок и относится к классу больших, насчитывает 1749 водотоков 1-го порядка.

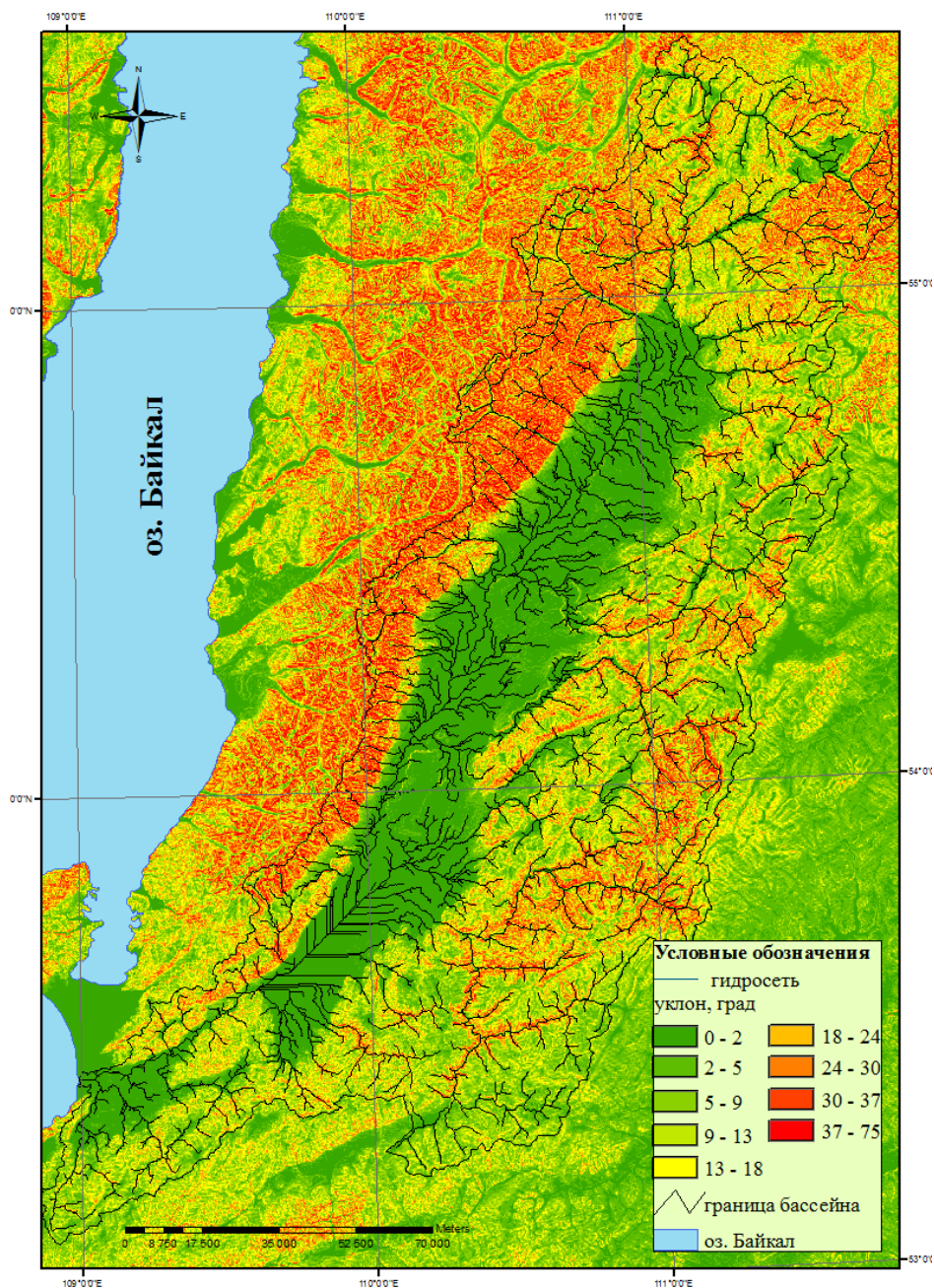


Рис. Динамическая модель речной системы р. Баргузин

Динамическая модель речной системы бассейна р. Баргузина рассматривается как идеальная, без учета озер и болот как водоемов (рис.). Граф построен по совокупности тальвегов на поверхности бассейна, так как практически все озера рассматриваемой территории проточные и используются

для расчета как водно-эрозионная сеть. Такая модель русловой сети формируется при прохождении паводка за счет функционирования всех ложбин стока, обусловленных формой поверхности рельефа каждого конкретного бассейна. Описанное переформирование гидросети возможно при активной антропогенной нагрузке в среднем и нижнем течении указанной территории, а также при экстремальных метеоусловиях.

Для динамической модели речной системы р. Баргузин рассчитаны морфометрические характеристики бассейна в целом (табл. 1) и структурно-гидрографические параметры по порядкам русловой сети (табл. 2).

Таблица 1
Гидроморфометрические характеристики бассейна и русловой сети для динамической модели р. Баргузин

Площадь водосбора, км ²	21 174
Средняя высота водосбора, м	870
Максимальная высота водосбора, м	2797
Уклон водосбора, градусы	17,6
Уклон водной поверхности, градусы	5,30
Суммарная длина, км	13 791
Коэффициент эрозионного расчленения, км/км ²	0,65
Q _{ср} , м ³ /с	125
Q _{мах набл} , м ³ /с	1110

Таблица 2
Структурно-гидрографические параметры динамической модели речной системы р. Баргузин

Порядок речной системы	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота водосбора, м	Максимальная высота водосбора, м	Уклон водосбора, градусы	Уклон водной поверхности, градусы	Суммарная длина, км	Коэффициент эрозионного расчленения, км/км ²
1-й	13 275	1194	2797	23,87	11,57	7 368	0,56
2-й	3777	1135	2568	23,97	8,67	3 709	0,98
3-й	1949	1044	2488	23,68	6,17	1 794	0,92
4-й	1077	908	2329	22,05	4,33	984	0,91
5-й	619	789	1762	21,84	3,65	553	0,89
6-й	227	537	1212	4,55	1,17	271	1,19
7-й	235	484	890	3,14	1,34	88	0,37

Такая речная система также имеет VII порядок по схеме Хортон – Стралера и относится к классу больших [Корытный, 1980]. Невысокая магнитуда 4888 водотоков 1-го порядка достаточно большой протяженности говорит о переходных к неблагоприятным условиям стокоформирования в верховье бассейна. Максимальная высота водосбора составляет 2797 м и приурочена к Баргузинскому хребту, где находятся истоки правобережных притоков.

Здесь склоны хребта скалистые, изрезаны множеством ущелий и падей, реки и поверхность водосбора имеют довольно высокий уклон. На отдельных участках наблюдаются каменистые осыпи, в устьях небольших притоков встречаются конусы выноса, представляющие собой нагромождения валунов и гальки [Речные системы Дальнего ... , 2015], отмечаются потери стока.

Наибольшие площадь, суммарную длину, уклоны и высоты имеют водно-эрозионные элементы 1-го порядка, средняя их протяженность составляет около 1,5 км. Такие же показатели отмечаются у водотоков 2-го порядка. Описанные условия будут благоприятными для формирования и быстрого поступления максимального стока в русловую сеть.

Следует отметить существенные различия полученных параметров при сравнении результатов по топографическим картам (статическая модель) и автоматизированной обработки (динамическая модель) (табл. 3). Порядок по классификации Шрива (магнитуда) в динамической модели русловой сети по совокупности линий тока (талвегов) на поверхности бассейнов без учета озер и болот во много раз превосходит магнитуду статической модели речной сети.

Таблица 3

Сравнение порядкового состава и суммарной энтропии статической и динамической моделей речной системы р. Баргузин в замыкающем створе с. Баргузин

Классификация по	Статическая модель	Динамическая модель
Хортону – Стралеру	VII	VII
Шриву (магнитуда)	1611	4481
Шайдеггеру	11,654	13,130
Суммарная энтропия, бит	1105,079	2929,230

Если рассматривать речные системы динамической модели с учетом всей гидрографической сети, то количество элементарных водотоков будет близким к количеству в статической. На этом основании определена важность используемого масштаба карт для исследования структуры русловой или речной сети для задач структурной гидрографии.

Для динамической модели русловой сети бассейна р. Баргузин рассчитан гидроморфологический коэффициент (ГМК) с учетом суммарной протяженности водно-эрозионной сети (табл. 4), характеризующий относительный (или условный) возраст речной системы (стадию развития) и обусловленный водоносностью речной системы в различные периоды. Удельные характеристики русловой сети выступают как индикаторы экстремально возможного (исторического) стока.

Таблица 4

Удельные характеристики динамической модели русловой сети бассейна р. Баргузин

Площадь водосбора, км ²	Суммарная длина, км	Коэффициент эрозионного расчленения рельефа, км/км ²	Q _{ср} , м ³ /с	ГМК, км·с/м ³	Коэффициент бифуркации
21 174	13 791	0,65	125	110	3,6

Исходя из индикационных свойств ГМК, выделены стадии развития суббассейнов бассейна оз. Байкал [Гидроклиматические исследования Байкальской ... , 2013]. Бассейн р. Баргузин относится к зрелой стадии развития, что также подтверждается коэффициентом бифуркации (см. табл. 4). Сравнительно невысокое значение коэффициента показывает, что долина реки находится в стадии зрелости, которая связана с расширением долины за счет усиления боковой эрозии и формированием поймы. Продольный

профиль становится выровненным и стремится приблизиться к базису эрозии. Небольшая расчлененность рельефа элементарной русловой сети указывает на слабые условия формирования стока, благоприятные условия его транзита и аккумуляцию в устьевой области. Высокое значение коэффициента эрозионного расчленения, начиная с элементов 2-го порядка, достигается за счет изрезанности бортов долины в правой части бассейна и множества фуркаций гидрографической сети в его левой части.

Продолжительность развития современной речной системы и величины транзита стока по ней оценивается объемами водосборного бассейна.

Объем речного бассейна «по экстремумам» (табл. 5) наиболее точно отображает полный эрозионный врез и относительный возраст бассейна. Таким образом, речная система р. Баргузин выработала около 46 тыс. км³ горных пород, не достигнув стадии древности.

Таблица 5

Оценка объема речного бассейна р. Баргузин «по экстремумам»

Порядок	Амплитуда высот, м	Площадь частных водосборов, км ²	Объем (West), км ³
1-й	2347	13 275	31 156
2-й	2116	3777	7992
3-й	2036	1949	3968
4-й	1874	1077	2018
5-й	1310	619	811
6-й	761	227	173
7-й	441	235	104
Суммарный объем			45 946

Оценка объема речного бассейна «по средним» (табл. 6) в меру точности ЦМР отображает современный объем горных пород, возвышающихся над уровнем ближайших тальвегов, который может быть применим для оценки современного объема зоны активного водообмена.

Таблица 6

Оценка объема речного бассейна р. Баргузин «по средним»

Порядок	Средняя высота частного водосбора, м	Средняя высота тальвегов, м	Площадь частных водосборов, км ²	Объем (Wave), км ³
1-й	1194	976	13 275	2894
2-й	1135	937	3777	748
3-й	1044	854	1949	370
4-й	908	753	1077	167
5-й	789	668	619	75
6-й	537	516	227	5
7-й	484	465	235	4
Суммарный объем				4254

Таблица 7

Расчет максимально возможного стока в бассейне р. Баргузин

Река – пункт	$Q_{\text{ср}}$, м ³ /с	$Q_{\text{макс}}^{\text{набл}}$, м ³ /с	$M_{\text{энт}}$, карта (1:200 000)		$M_{\text{стр макс}}$	$Q_{\text{макс}}^{\text{расч}}$, м ³ /с
			$M_{\text{энт}}$, SRTM			
			Статическая модель (топокарта, 1:200 000)	Динамическая модель (SRTM, 90 м/пиксель)		
Баргузин – с. Баргузин	125	1110	1105,079	2929,230	1,00	2354
Баргузин – устье			1203,276	3206,629		2577

Примечание: $Q_{\text{ср}}$ и $Q_{\text{макс}}^{\text{набл}}$ – средний многолетний и максимально наблюдаемый расход воды [Кичигина, 2001], м³/с; $M_{\text{энт}}$ – суммарная энтропия, бит; $M_{\text{стр}}$ – структурный модуль, м³/(с·бит) [Речные системы Дальнего ... , 2015].

Для речной системы Баргузина по динамической модели рассчитан максимально возможный (экстремальный) сток (табл. 7) с пространственной интерполяцией максимально наблюдаемого расхода воды стандартной сети наблюдений. Следует отметить, что рассматривается максимальный сток в период открытого русла. Так, в 1936 г. максимальный сток половодья составил 1100 м³/с и соответствовал 1 % обеспеченности, а максимальный паводочный сток наблюдался в 1938 г. и составил 856 м³/с, что соответствовало 2 % обеспеченности [Ресурсы поверхностных вод ... , 1973]. Рассчитанный максимальный сток имеет очень редкую обеспеченность (менее 0,01 %).

Таким образом, для р. Баргузин у с. Баргузин с суммарной протяженностью русловой сети 13 791 км и объемом современной зоны активного водообмена 4,3 км³ рассчитан максимально возможный сток – 2354 м³/с, слой стока при этом будет равен 3,5 м. Максимальная приточность в оз. Байкал составит 2577 м³/с. Такой сток, являясь катастрофическим, повлечет за собой стихийные бедствия, что в конечном итоге приведет к полной перестройке гидросети.

Заключение

В условиях недостаточно плотной и репрезентативной современной сети гидрологических наблюдений применение индикационных методов для выявления закономерностей строения речных систем, а также для оценки водных ресурсов является актуальным как в практических целях, так и в фундаментальном аспекте исследований земной поверхности. Русловая сеть, являясь результатом исторического развития своего бассейна, несет региональные черты. На основе структурно-гидрографических характеристик динамической модели гидросети в бассейне р. Баргузин выявлены региональные особенности структуры его русловой сети и закономерности распределения стока. На стадии зрелости речной сети происходит ухудшение условий формирования стока в верховьях. Прогнозные значения экстремального максимально возможного стока, который может вместить тело русловой сети, значительно превышают наблюдаемые, обеспеченность таких величин составляет не более 0,01 %. Обладая высокими уклонами водосборного бассейна и водной поверхности притоков в верхней и средней его части, максимальный рассчитанный сток такой величины мгновенно стечет в коренное

русло. Пространственная дифференциация удельных характеристик в бассейне р. Баргузин обусловлена различиями во времени установления современного речного стока с его водосбора в целом и, в частности, стадией развития отдельных звеньев речной системы. Оценка объемов речного бассейна р. Баргузин определяет особенности транзита максимального стока русловой сетью в различных геологических условиях бассейна при экстремальном увлажнении.

Список литературы

- Алексеев Н. А.* Стихийные явления в природе: проявление, эффективность защиты. М. : Мысль, 1988. 254 с.
- Афанасьев А. Н.* Водные ресурсы и водный баланс бассейна озера Байкал. Новосибирск : Наука, 1976. 238 с.
- Гидроклиматические исследования Байкальской природной территории / под ред. Л. М. Корытного. Новосибирск : ГЕО, 2013. 186 с.
- Кичигина Н. В.* Наводнения и максимальный сток юга Восточной Сибири: географический и статистический анализ : автореф. ... канд. геогр. наук. Иркутск, 2001. 27 с.
- Корытный Л. М.* Гидрографические характеристики строения речных систем Верхнего Енисея // Климат и воды Сибири. Новосибирск, 1980. С. 160–175.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Л. : Гидрометеиздат, 1973. Т. 16, вып. 3. 400 с.
- Речные системы Дальнего Востока России: четверть века исследований / Б. И. Гарцман [и др.]. Владивосток : Дальнаука, 2015. 492 с.

Structural and Hydrographic Approach to the Definition Extreme High Flow

I. Y. Amosova

V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk

E. A. Ilicheva

*V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk
Irkutsk State University, Irkutsk*

Abstract. The river network is considered as a static and dynamic model. Attention is paid to natural conditions, morphometric characteristics of the basin and channel network, which influence the formation of maximum runoff. Calculations of the maximum possible runoff were carried out using a dynamic model of the channel network, constructed using the digital relief model (DEM). To determine the fundamental patterns of the structure of river systems, based on the treatment of SRTM materials, structural and hydrographic characteristics were calculated in detail for the entire water-erosion network. The study is aimed at determining the specific characteristics and composition of the channel network and identifying new indicator capabilities for assessing runoff and the occurrence of dangerous hydrological phenomena. A comparative analysis of the obtained parameters on topographic maps and automated processing showed the importance of the scale used (topographic maps or space images) to study the structure of the water-erosion or river network for various structural hydrographic tasks. The use of modern geoinformation methods makes it possible to determine the total erosion cut and the current volume of rocks that are indicators of the hydrological regime. The indicative properties inherent in the structure of the channel network are promising to be used both for the development of flow scenarios (as much as possible), and for a retrospective assessment of the stage of development of the river system.

Keywords: structural hydrography, entropy characteristics, extreme possible (maximum) runoff, hydromorphological coefficient.

For citation: Amosova I.Y., Illicheva E.A. Structural and Hydrographic Approach to the Definition Extreme High Flow. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2018, vol. 23, pp. 17-27. (in Russian). <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.23.17>.

References

Alekseev N.A. *Stikhiinye yavleniya v prirode: proyavlenie, effektivnost zashchity* [Natural Phenomena in Nature: the Manifestation, the Effectiveness of Protection]. Moscow, Myisl Publ., 1988, 254 p. (in Russian)

Afanasiev A.N. *Vodnye resursy i vodnyi balans basseina ozera Baikal* [Water Resources and Water Balance of the Lake Baikal Basin]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1976, 238 p. (in Russian)

Korytnyi L.M. (ed.). *Gidroklimaticheskie issledovaniya Baikalskoi prirodnoi territorii* [Hydroclimatic studies of the Baikal natural territory]. Novosibirsk, GEO Publ., 2013, 186 p. (in Russian)

Kichigina N.V. *Navodneniya i maksimalnyi stok yuga Vostochnoi Sibiri: geograficheskii i statisticheskii analiz. Avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk* [Floods and the Maximum run-off of the South of Eastern Siberia: Geographical and Statistical Analysis. Cand. sci. diss. abstr.]. Irkutsk, 2001, 27 p. (in Russian)

Korytnyj L.M. *Gidrograficheskie kharakteristiki stroeniya rechnykh sistem Verkhnego Eniseya* [Hydrographical characteristics of the structure of the river systems of the Upper Yenisei]. *Klimat i vody Sibiri* [Climate and Waters of Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1980, pp. 160-175. (in Russian)

Resursy poverkhnostnykh vod SSSR [Resources of surface waters of the USSR]. Vol. 16, Issue 3. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1973, 400 p. (in Russian)

Garcman B.I. et al. *Rechnye sistemy Dalnego Vostoka Rossii: chetvert veka issledovaniy* [River Systems of the Russian Far East: a Quarter Century of Research]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2015, 492 p. (in Russian)

Амосова Ирина Юрьевна
инженер 1-й категории, лаборатория
гидрологии и климатологии
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 1
тел.: (3952) 42-75-55
e-mail: irinaamosova_83@mail.ru

Amosova Irina Yurievna
Engineer of 1 Category, Laboratory
of Hydrology and Climatology
V. B. Sochava Institute of Geography
SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
tel.: (3952) 42-75-55
e-mail: irinaamosova_83@mail.ru

Ильичева Елена Анатольевна
кандидат географических наук, старший
научный сотрудник, лаборатория
гидрологии и климатологии
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 1
доцент кафедры гидрологии
и природопользования
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 42-26-93
e-mail: lenail3663@mail.ru

Illicheva Elena Anatolievna
Candidate of Sciences (Geography),
Senior Researcher, Laboratory
of Hydrology and Climatology
V. B. Sochava Institute of Geography
SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
Associate Professor of Department of
Hydrology and Environmental Management
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian
Federation
tel.: (3952) 42-26-93
e-mail: lenail3663@mail.ru

Дата поступления: 18.12.2017
Received: December, 18, 2017