

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 551.4:571.6

*В.Ю. Абакумова*

### ИЗУЧЕНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЧНОЙ СЕТИ БАСЕЙНА РЕКИ ЧИТА (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

С целью выявления пространственных особенностей формирования речной сети были рассмотрены места истоков водотоков первого порядка бассейна р. Чита в Забайкальском крае. При использовании ГИС-программы TAS GIS и цифровой модели рельефа SRTM осуществлялось выделение речной сети. При сравнении полученной речной сети со взятой из топографических карт выявляются условия, характер и степень их влияния на поверхностный сток, а также распределение этих условий по территории бассейна. Полученные схемы речной сети соответствуют разным условиям увлажнения.

**Ключевые слова:** водотоки; водосборная площадь; поверхностный сток.

В настоящее время при изучении различных природных процессов широкое применение получили цифровые модели рельефа (ЦМР) и их обработка при помощи ГИС-приложений. Это относится и к исследованиям стекания воды по поверхности, врезания и растекания, образования временных потоков и речных русел. Склоновые и русловые процессы движения воды являются предметом исследования многих наук: геоморфологии, гидрологии, почвоведения, ландшафтоведения, экологии и др. Понимание природы данных процессов имеет не только теоретическое значение, но также необходимо для решения прикладных задач, связанных с эрозией почв, распространением потоков загрязняющих веществ, предотвращением опасных природных явлений (селей, оползней и др.) и т.д. При этом происходит не только более глубокое изучение процессов движения воды (как по поверхности, так и в толще подстилающей поверхности), но и совершенствование методов вычислений, необходимых для их моделирования. Хотя в нашей страны такие исследования довольно редки, иностранные ученые активно занимаются исследованиями в данной области, что подтверждает большое количество публикаций, например [1, 2], а также периодическое появление новых специализированных ГИС-программ и приложений к уже существующим. Одним из наиболее часто используемых источников данных для построения ЦМР является база данных о рельефе Земли Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), так как эти данные общедоступны, имеют удовлетворительную точность и подходят для средне-масштабных исследований [3].

Цель работы – выявить территориальное распределение условий формирования речной сети бассейна р. Чита (Забайкальский край).

В качестве индикатора совместного влияния этих условий были рассмотрены истоки водотоков первого порядка. Для этого модельная речная сеть, полученная в ГИС-программе Terrain Analysis System (TAS GIS) на основе ЦМР, сравнивалась с речной сетью, выделенной из топографических карт. Результаты сравнения объективно отражают территориальную структуру условий формирования речной сети.

Привлекая информацию о различных параметрах окружающей среды, можно охарактеризовать влияние того или иного фактора в том или ином месте. Кроме

того, проводились апробация алгоритмов, используемых в TAS GIS, выявление особенностей их применения. Исходными данными для построения ЦМР послужили данные SRTM версии 4.1, доступные по адресу <http://srtm.csi.cgiar.org>. Также использовались топографические карты исследуемой территории масштаба 1:100000, из которых была выделена речная сеть [4]. Размер ячейки исходной ЦМР – 3 угловые секунды – после пересчета координат в систему UTM составил 50 м. Полученная ЦМР сопоставима по точности и по времени создания с картами выбранного масштаба.

В TAS GIS после предварительной обработки были проведены вычисление водосборных площадей и прорисовка речной сети. К преимуществам этой программы относится следующее: она находится в открытом доступе, поддерживает растровые и векторные форматы, содержит множество инструментов для территориального анализа и выполнения математических операций (в том числе статистических). И главное – в ней есть ряд алгоритмов для определения направления движения потоков воды, вычисления водосборных площадей, нахождения местоположения водотоков.

Кроме существующих ранее, разработчиком TAS GIS был предложен свой алгоритм, названный им алгоритмом регулируемого распределения маршрута (ADRA – Adjustable Dispersion Routing Algorithm). ADRA вычисляет направление стока и водосборные площади в зависимости от пространственного положения истоков водотоков.

Предполагается, что на водоразделах потоки воды имеют наибольшее растекание, а в местах истоков водотоков потоки воды стремятся к слиянию и движению в направлении максимального уклона. Участки склонов от водоразделов до истоков водотоков представляют собой переходную зону, где происходит постепенная смена первого типа движения потоков воды на второй. Для проведения вычислений в этой зоне пользователю необходимо задать следующие параметры: вид переходной функции и её границы. От вида переходной функции (линейная или сигмоидная) зависит способ увеличения степени слияния потоков воды от водоразделов к истокам рек. Пределы переходной границы (верхний и нижний) определяют интервал изменения характера движения воды: от рассредоточенного по поверхности к полностью сходящемуся к истоку реки.

Они задаются в виде параметра  $C$ , равного произведению водосборной площади на квадрат уклона [5]. От величины нижнего предела зависит положение истоков водотоков первого порядка на местности. Получается, что алгоритм учитывает скорость стекания воды, а значит, и такие процессы, как просачивание, испарение, заболачивание.

Таким образом, чтобы получить карту водосборных площадей и схему речной сети для выбранной территории, необходимо задать вид переходной функции (линейная или сигмоидная) и два значения параметра  $C$ . При линейной переходной функции увеличение степени слияния потоков воды линейно зависит от величины  $C$ . Сигмоидная функция имеет линейный отклик в середине входного диапазона и эффект насыщения на его концах. Для данного исследования важно значение нижнего предела переходной границы, поэтому далее мы будем рассматривать только относящуюся к нему величину параметра  $C$ . Входящий в него размер водосборной площади зависит от суммарного влияния условий и факторов окружающей среды, определяющих поступление влаги, ее преобразование в поверхностный и подземный сток и, в итоге, формирование водотока. Другими словами, величина водосборной площади, с которой стекает достаточное количество воды для появления водотока первого порядка, зависит от конкретных природных условий (и, если есть, антропогенного влияния). Прежде всего, на величину водосборной площади влияет количество выпадающих атмосферных осадков, а также свойства подстилающей поверхности. Понятно, что чем больше влаги и чем меньше проницаемость поверхности, тем меньше водосборная площадь водотока.

Как будет показано ниже, с помощью параметра  $C$  можно выявлять пространственную неоднородность условий, влияющих на формирование водотоков. Определение величины  $C$  для каждого водотока – непростая задача, так как необходимо знать характеристики множества природных факторов и условий бассейна (климатических, ландшафтных, гидрогеологических, криологических). Кроме того, ADRA предполагает, что вся вода стекает поверхностными (overland flow) и неглубокими подповерхностными ламинарными потоками [5]. В целом для р. Чита доля подземной составляющей не превышает 10% от суммарного стока реки [6]. Однако эти выводы сделаны по наблюдениям только в двух створах на р. Чита, для разных водотоков бассейна эта доля может различаться. Для однородных территорий по вышеперечисленным условиям значение  $C$  одинаково, а размещение речной сети связано с характером эрозионных процессов, зависящих от изменения уклона местности. Параметр  $C$  может быть приближенно вычислен на основе полевых данных об устойчивости поверхности к смыву, проницаемости почвы и грунтов, атмосферных осадках, испарении и др. При отсутствии таких данных один из простых и часто применяемых методов – это последовательный подбор и сравнение по различным критериям (густота, мощность, фрактальный размер и др.) получившейся речной сети с известными данными из карт, аэроснимков, полевых наблюдений (например, [7, 8]). Затем результаты можно переносить и на другие бассейны,

находящиеся в сходных условиях, но для которых отсутствуют данные о речной сети.

Так как для бассейна р. Чита ранее не проводились подобные исследования, величина параметра  $C$  для каждого водотока определялась методом подбора. Сначала задавалась произвольная величина параметра  $C$ . Затем полученная модельная речная сеть сравнивалась с речной сетью, выделенной из топографических карт. Водотокам, истоки которых совпадают в обеих схемах речной сети, присваивалась заданная величина параметра  $C$ . Потом задавалась другая величина параметра  $C$  и опять проводилось сравнение схем речной сети. При этом учитывались только постоянные водотоки, рисуемые на карте сплошной линией и соответствующие периоду межени. По полученным для каждого водотока значениям параметра  $C$  можно судить об условиях в его бассейне. Чем меньше величина  $C$ , тем меньше водосборная площадь, необходимая для существования водотока. Это также возможно при обильных осадках, малом испарении, при выходе на поверхность подземных вод, заболоченности местности и т.д. Далее на примере речного бассейна будет более подробно показана процедура оценки условий формирования речной сети.

Изучаемый бассейн площадью около 4 200 км<sup>2</sup> расположен в центральной части Забайкальского края. Он вытянут с севера на юг и юго-запад примерно на 130 км и ограничен на основном своем протяжении водораздельными хребтами – Яблоновым (на западе) и Черского (на востоке). Верхняя (северная) часть бассейна расположена на средневысотном и слаборасчлененном Витимском плоскогорье [9]. Южнее большую часть бассейна занимают средневысотные горы с уплощенными междуречьями, низовья бассейна находятся в пределах северной части Читино-Ингодинской впадины с выровненным дном и средневысотных гор, расчлененных густой сетью широких долин [9]. Климат региона – резко континентальный, холодный, засушливый, среднегодовая температура воздуха равна –2,7°С. Природные условия постепенно изменяются с севера на юг: от горных ландшафтов с 500–600 мм среднегодового количества атмосферных осадков, значительной долей снеговых осадков и сплошной многолетней мерзлотой до лесостепных и степных с 300 мм осадков в год, 90% из которых – дождевые, и островной многолетней мерзлотой. Для бассейна характерны некоторая заболоченность долин водотоков (всего около 36%, в том числе водотоков первого порядка около 25%) [4] и распространение наледей. В северной части бассейна сохранились природные ландшафты, южнее появляется антропогенное воздействие. В Забайкалье речной сток имеет некоторые особенности, зависящие от высоты местности, мерзлотных, гидроклиматических, орографических условий. Один из методов анализа пространственных закономерностей таких взаимосвязей – выделение районов с единым типом зависимости характеристик стока (средний, минимальный, максимальный сток, коэффициенты вариации годового или многолетнего стока) от какого-либо одного или нескольких физико-географических параметров [10–12]. Кроме того, для региона характерны такие гидрологические явления, как редукция стока в степях,

быстрое стекание воды со скал и просачивание вглубь осыпей, испарение снега, задерживание и охлаждение влаги с последующим постепенным таянием в пределах многолетней мерзлоты, испарение и конденсация водяных паров в курумах и каменных осыпях [12].

В итоге были получены следующие результаты. При увеличении значения  $C$  изменяется структура речной сети: уменьшается количество водотоков первого порядка, их средний уклон, увеличивается их средняя длина и площадь водосбора (таблица).

Структура речной сети бассейна р. Чита

Параметр речной сети	Измеренные по топокарте (М 1:100000)	Полученные в TAS GIS при значении $C$				
		100	200	300	400	500
Густота, км/км <sup>2</sup>	0,41	0,705	0,48	0,398	0,343	0,3
Магнитуда (количество водотоков первого порядка)	332	1599	569	343	242	185
Средняя длина водотоков первого порядка, км	2,65	0,827	1,584	2,358	2,845	3,27
Средний уклон водотоков первого порядка, м/м	0,056	0,1461	0,1069	0,078	0,0674	0,0564
Средняя площадь водосбора водотоков первого порядка, км <sup>2</sup>	–	1,21	3,89	7,11	9,52	12,86

Как видно из таблицы, в целом для бассейна параметры речной сети соответствуют аналогичным при значении  $C = 300$ , кроме уклона, который значительно больше. Это происходит из-за того (как будет показано далее), что программа выделяет множество коротких водотоков с большим уклоном. Осредненные параметры из таблицы характеризуют бассейн в целом, и их можно использовать, например, для сравнения с другими бассейнами соответствующего размера. Чтобы выявить территориальные изменения внутри бассейна, для которого характерна неоднородность природных условий (как было сказано выше), был рассмотрен каждый водоток в отдельности. Для разных частей бассейна параметр  $C$  различается, в связи с чем можно выявить некоторые закономерности. Чем меньше  $C$ , тем более благоприятны условия для формирования водотоков, а рисунок речной сети соответствует высоким приводораздельным участкам бассейна. При увеличении данного параметра речная сеть приближается к более выровненным и пологим участкам (долинам, террасам) [13, 14]. Более подробное рассмотрение изучаемого бассейна позволило выделить территории с различными условиями формирования речной сети на основе значений параметра  $C$ , при котором существует каждый водоток (рис. 1).

На изменение величины параметра  $C$  по территории бассейна влияют, в первую очередь, атмосферные осадки. Известные закономерности уменьшения среднегодового количества осадков с севера на юг, от больших высотных отметок к меньшим, с востока на запад [9], заметны и для величины параметра  $C$ . Прослеживается влияние водораздельных хребтов, широты и высоты местности, количества и характера осадков на пространственное распределение величины параметра  $C$ . Однако, кроме этих общих закономерностей, существуют локальные особенности, которые можно выявить, проанализировав размещение водотоков с разными величинами параметра  $C$  по территории бассейна. Это относится не только к атмосферным осадкам, но и ко всему комплексу условий преобразования влаги в речной сток.

На севере в верховьях бассейна преобладают водотоки с самым малым значением  $C$  (от менее чем 100 до 200), так как здесь наибольшее количество осадков в бассейне (500–600 и более мм/год [9]), большая доля снеговых осадков, низкие температуры. Таяние снега

происходит в течение продолжительного периода (весна и лето). Небольшие уклоны, уплощенные широкие вершины водоразделов не способствуют быстрому стеканию воды по поверхности, но условий для интенсивного и повсеместного просачивания воды в глубокие подземные горизонты тоже нет, что подтверждается заболоченностью низких участков местности. Широко распространены каменные осыпи и многолетнемерзлые породы. Таким образом, водотоки обеспечены достаточной площадью водосбора и атмосферными осадками, которые более равномерно по сравнению с нижней частью бассейна распределяются в течение года, при отсутствии осадков расходуются запасы влаги от таяния снега, льда и близповерхностных грунтовых вод заболоченных участков.

Южнее становится более заметно различие между левой и правой частями бассейна. В левой части большинство водотоков появляются при значении  $C$  от 100 до 300. Здесь находятся самые длинные притоки р. Чита с развитой речной сетью и заболоченными долинами. Водотоки питаются преимущественно атмосферными осадками (400–500 мм/год [9]), которые стекают с широких водораздельных пространств (как поверхностным, так и грунтовым стоком) в заболоченные долины. В отличие от северной части абсолютные высоты здесь ниже, количество снега, продолжительность его залегания, а значит, и доля в питании рек меньше. Заболоченность связана с сезонным режимом многолетней мерзлоты, ее замерзанием и оттаиванием, разгрузкой грунтовых вод, пополняющихся на широких водоразделах. Наиболее заболочены участки слияния водотоков, долины крупных водотоков с небольшими пойменными озерами, а истоки нередко пересыхают. Судя по рисунку речной сети, вероятно разгрузка подземных вод зоны складчатости.

В правой части водотоков меньше, они короче, значение  $C$  нередко достигает 500. Из-за барьерного влияния водораздельного хребта, расположенного поперек движения воздушных масс, осадков здесь меньше, чем в левой части. Здесь узкие водоразделы, короткие крутые склоны, короткие водотоки, много временных участков водотоков, очень незначительная заболоченность. Атмосферные осадки быстро стекают по склонам в реки, грунтовый сток незначительный. Поэтому в целом условия здесь неблагоприятные, а для существования постоянного водотока нужна большая водосборная площадь.

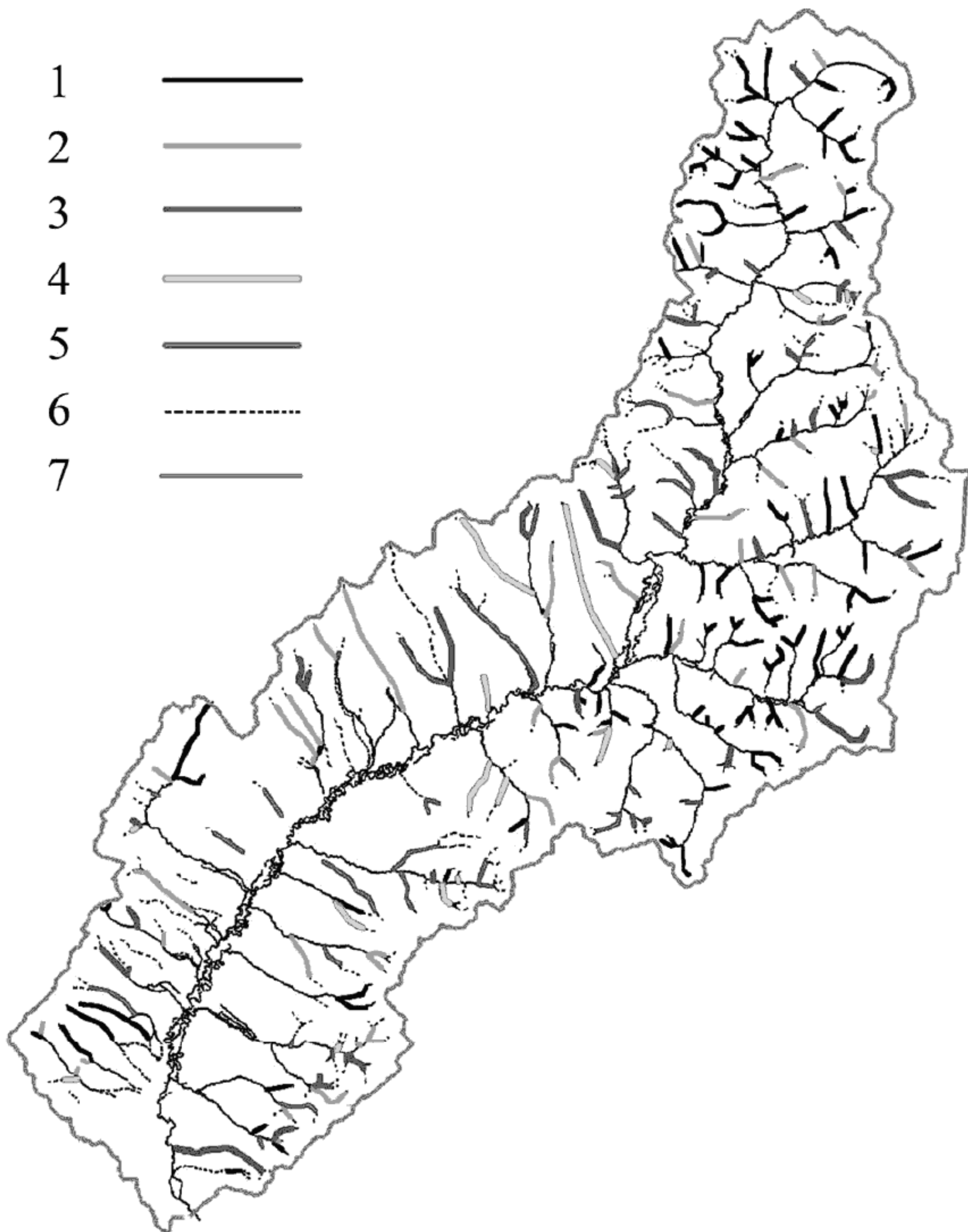


Рис. 1. Размещение водотоков первого порядка, истоки которых определяются программой TAS GIS при значении параметра  $C$ : 1 – 100 и менее; 2 – 200; 3 – 300; 4 – 400; 5 – 500 и более; 6 – пересыхающие участки водотоков; 7 – граница бассейна р. Чита

В средней части бассейна появляется большой разброс в значениях  $C$ : от 100 до 500, что говорит о неоднородности условий. Густота речной сети небольшая. Количество осадков и доля снега в годовой сумме осадков уменьшается. Правый склон бассейна длиннее, водораздел выше, днище долины главной реки расширяется. Водотоки длинные, параллельные, нередко имеют многочисленные разветвления в среднем и нижнем течении в пределах широкой и почти плоской до-

лины р. Чита. На верхних участках водоразделов и склонов, где осадков немного больше, водотоки возникают при меньшем значении  $C$  (200–300). Ниже расположенные истоки водотоков имеют большую площадь водосбора при малых уклонах, соответственно  $C = 300$ –500 и более. В левой части бассейна водотоки короткие, пересыхающие в истоках. Преобладающее значение  $C = 400$ –500 даже у водотоков, истоки которых находятся ближе к главному водоразделу. Атмо-

сферные осадки быстро стекают по коротким и крутым склонам. Отсутствие заболоченных участков и наличие пересыхающих истоков говорят о незначительности грунтового стока. В бассейнах водотоков с  $C = 100$ –

200, очевидно, существуют локальные условия, которые благоприятно влияют на перераспределение атмосферных осадков. Например, выходы подземных вод или заболоченность.

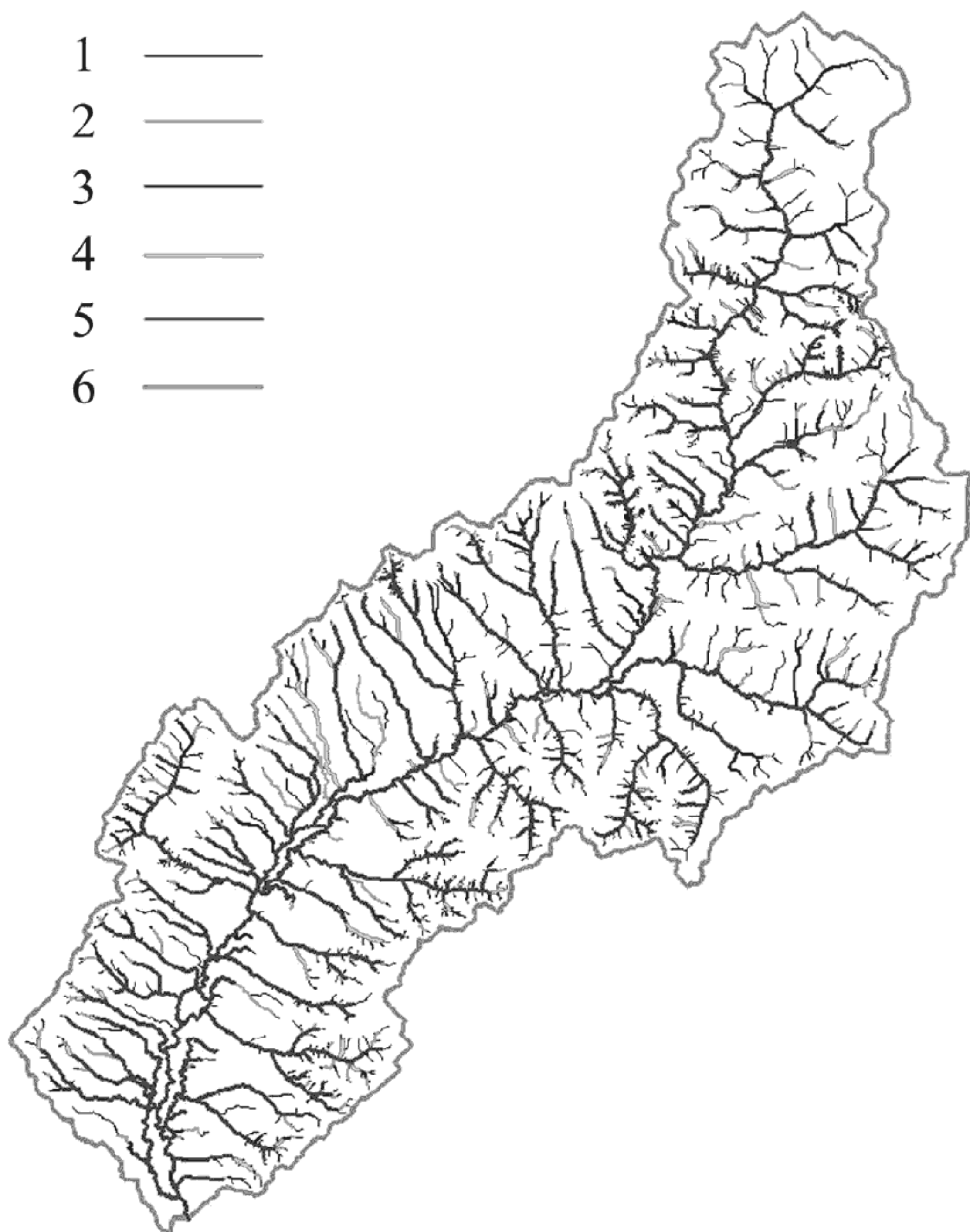


Рис. 2. Размещение водотоков, определяемых программой TAS GIS при значении параметра  $C$ :  
1 – 100; 2 – 200; 3 – 300; 4 – 400; 5 – 500; 6 – граница бассейна р. Чита

В нижней части бассейна сохраняются большие колебания значений  $C$  (от 100 до 500 и более). Короткие крутые склоны верхних участков водоразделов переходят в пологие склоны, террасы и ровную пойму широ-

кой долины р. Чита. Атмосферных осадков выпадает мало (350 мм/год и менее [9]), они крайне неравномерны в течение года, поэтому большое значение в происхождении и питании водотоков приобретает подземная

составляющая. Короткие, полностью пересыхающие водотоки первого (иногда второго) порядка на вершинах склонов, очевидно, не имеют ее. У водотоков с минимальными значениями  $C$  она присутствует в большей или меньшей степени, в зависимости от местных условий, и может быть связана, например, с выходами на поверхность подземных вод (родники, ключи), которых здесь немало. У многих притоков в нижнем течении сток временный или прекращается совсем, он испаряется и уходит в подземные горизонты. Наибольшая доля подземного питания у р. Чита, поскольку она дренирует воды, стекающие со всего бассейна.

Пойма реки и устья ее притоков заболочены, здесь есть старицы и небольшие озера, русло реки имеет многочисленные ветвления, протоки. Кроме того, здесь наибольшее во всем бассейне антропогенное влияние, которое изменяет природные условия. В местах, где присутствуют автомобильные дороги, городская застройка, вырубки, горелые леса, сельхоз земли, водотоки нередко имеют наибольшее значение параметра  $C$ , а также большую долю пересыхающих участков.

Полученная при моделировании речная сеть имеет некоторые особенности. Если исходное значение параметра  $C$  достаточно мало (в нашем случае 100–200), то в определенных местах используемый алгоритм дает результат, не соответствующий действительности. Он заключается в присутствии коротких параллельных близко расположенных водотоков (чем меньше значение  $C$ , тем их больше). Это наблюдается в горных районах, верховьях истоков, на крутых коротких склонах, т.е. местах с большим уклоном. Это закономерный результат вычислений, которые при определении истоков сильно зависят от уклона. На картах этих водотоков обычно нет. В таких условиях водоток, скорее всего, будет временным и только при больших осадках (ливнях, интенсивном таянии снега или льда) либо при каком-то дополнительном источнике питания (выход подземных вод, озеро, болото и др.). Такие водотоки можно удалить из полученной речной сети. Программой TAS GIS предусмотрена опция по удалению коротких водотоков (Erase Short Streams), где минимальная длина водотока задается пользователем. При определении минимальной длины водотока можно исходить, например, из масштаба карт, выбранных для сравнения.

Есть несколько автоматически полученных водотоков, которые, в отличие от упомянутых выше, довольно длинные, но также отсутствуют на картах. Часть из них испытала антропогенное воздействие. Это подтверждается их расположением (в районе сельскохозяйственной деятельности, в пределах городской черты) и тем фактом, что на более ранних картах (1960-х гг.) они были. Отсутствие некоторых водотоков можно объяснить особыми ландшафтными условиями, способствующими переводу поверхностного стока в подземный. Таким образом, вышеописанный метод можно использовать для выявления таких мест.

В результате анализа строения речной сети, полученной при разных значениях параметра  $C$ , было замечено, что для всего бассейна преобразование рисунка речной сети происходит не одинаково (см. рис. 2).

Это связано с быстротой нарастания водосборной площади и характером изменения уклона. Первое зависит от формы бассейна: чем ближе она к прямоугольной, тем более равномерно будет увеличиваться водосборная площадь при движении от истока к устью. При сложной форме бассейна скорость нарастания водосборной площади все время меняется. Это можно проследить в уменьшении длины разных водотоков при увеличении параметра  $C$  на одинаковую величину. Так как многим природным процессам присущи изменения в течение года (атмосферные осадки, температура воздуха, сезонная мерзлота, растительность), речная сеть, очевидно, также не будет постоянной все время. Поэтому речная сеть, выделяемая программой TAS GIS при разных значениях параметра  $C$ , будет соответствовать разным фазам гидрологического режима. Так, например, если при сравнении учитывать пересыхающие участки водотоков, то можно выявлять пространственную структуру речной сети во время многоводной фазы. Чем меньше значение  $C$ , тем больше увлажнение и доля поверхностного стока и тем больше густота речной сети. При большем  $C$  осадков выпадает меньше, а водообмен с грунтовым и подземным стоком (просачивание, фильтрация, дренирование) становится более существенным.

Итак, с помощью ГИС-программы TAS GIS был проведен анализ условий формирования водотоков на основе данных цифровой модели рельефа бассейна р. Чита в Забайкальском крае. При выделении речной сети программа учитывает только строение поверхности, т.е. предполагается, что все выпавшие атмосферные осадки составляют поверхностный или неглубокий подповерхностный сток (который движется с той же скоростью, что и поверхностный). Для того чтобы учесть территориальную неоднородность природных условий, предусмотрен параметр  $C$ , величина которого задается пользователем. Путем сравнения речной сети, полученной в программе при разных значениях этого параметра, с речной сетью, взятой из топографических карт, было оценено результирующее влияние различных условий на процессы преобразования поверхностного стока, а значит, и на формирование водотоков. В целом, используемая программа моделирует поверхностный сток, и образование водотоков близко к действительности, а исходная ЦМР соответствует картам выбранного масштаба. Единственный существенный недостаток алгоритма – выделение коротких водотоков на определенных участках, но их легко можно убрать с помощью встроенной опции. Сопоставление с природными и антропогенными факторами и условиями помогает объяснить причины, способы, пространственную структуру трансформации поверхностного стока в речной. Кроме того, задавая разные значения параметра  $C$ , можно получать речную сеть при разных режимах увлажнения. Результаты исследований на начальном этапе полезны для сравнительной оценки условий по территории бассейна. Получить количественные характеристики стока (например, модули стока) возможно только с привлечением дополнительных данных. Однако, имея эти модули для нескольких точек бассейна, можно осуществить их пространственную интерполяцию на всю территорию бассейна, используя полученные выше закономерности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Erskine R.H., Green T.R., Ramirez J.A., MacDonald L.H.* Comparison of grid-based algorithms for computing upslope contributing area // *Water Resources Research*. 2006. Vol. 42, № 9. W09416.
2. *Montgomery D.R., Foufoula-Georgiou E.* Channel network source representation using digital elevation models // *Water Resources Research*. 1993. № 12. P. 3925–3934.
3. *Карионов Ю.И.* Оценка точности матрицы высот SRTM // *Геопрофи: электронный журнал*. 2010. № 1. С. 48–51. URL: [http://www.geoprofi.ru/technology/Article\\_4542\\_10.htm](http://www.geoprofi.ru/technology/Article_4542_10.htm)
4. *Абакумова В.Ю.* Водотоки первого порядка как показатель условий стока в речном бассейне // *География и природные ресурсы*. 2010. № 4. С. 149–152.
5. *Lindsay J.B.* A physically based model for calculating contributing area on hillslopes and along valley bottoms // *Water Resources Research*. 2003. Vol. 39. P. 1332–1338.
6. *Пивцаева О.А.* Оценка подземной составляющей стока рек Забайкалья // *Природные ресурсы Забайкалья и проблемы природопользования : материалы науч. конф. Чита : ЧИПР СО РАН, 2001. С. 109–111.*
7. *Гарцман Б.И., Бугаец А.Н., Тегай Н.Д., Красношеев С.М.* Анализ структуры речных систем и перспективы моделирования гидрологических процессов // *География и природные ресурсы*. 2008. № 2. С. 20–29.
8. *Li Li, Jiahua Wang, Zhenchun Hao.* Appropriate contributing area threshold of a digital river network extracted from DEM for hydrological simulation // *Hydrological Research in China: Process Studies, Modelling Approaches and Applications (Proceedings of Chinese PUB International Symposium, Beijing, September 2006)*. IAHS Publ. 2008. № 322. P. 80–87.
9. *Атлас Забайкалья (Бурятская АССР и Читинская область) / ред. В.Б. Сочава, К.М. Продай-Вода, Н.Н. Тартышев и др. Москва ; Иркутск : ГУГК при Совете Министров СССР, 1967. 176 с.*
10. *Тихоцкий К.Г.* Распределение среднего стока на территории Забайкалья // *Геоморфологические и гидрологические исследования*. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1968. С. 140–161.
11. *Бачурин Г.В.* Речной сток и гидрологические районы Забайкалья // *Тепловой и водный режим некоторых районов Сибири*. Л. : Наука, 1970. С. 5–22.
12. *Напрасников А.Т., Сизиков А.И.* Физико-географические закономерности формирования поверхностного стока горных ландшафтов (на примере Забайкалья) // *Вопросы гидрологии Забайкалья. Записки Заб. фил. ГО СССР. Вып. 85. Тематический сборник*. Чита : Изд-во Заб. фил. ГО СССР, 1972. С. 3–16.
13. *Абакумова В.Ю.* Изучение пространственной организации речного стока в бассейне реки Чита // *«Природа и общество: взгляд из прошлого в будущее» : материалы XVII науч. конф. молодых географов Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 11–16 апреля 2011 г.)*. Иркутск : Изд-во Ин-та геогр. им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. С. 189–190.
14. *Абакумова В.Ю.* К вопросу об изучении структуры речной сети // *Материалы XIV совещания географов Сибири и Дальнего Востока*. Владивосток : Дальнаука, 2011. С. 100–101.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 24 декабря 2012 г.