

П.С. БАДМИНОВ*, **А.И. ОРГИЛЬЯНОВ***, **С.Х. ПАВЛОВ***,
В.Е. ДМИТРИЕВ-ДОБРОВОЛЬСКИЙ**, **И.Г. КРЮКОВА***

*Институт земной коры СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия,
prokop_sbad@mail.ru, aiorgil@crust.irk.ru, spavlov@crust.irk.ru, irig@crust.irk.ru

**Иркутский государственный университет,
664003, Иркутск, ул. Карла Маркса, 1, Россия, vladis.box@yandex.ru

ПОДЗЕМНЫЙ СТОК БАСЕЙНА РЕКИ ОКИ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

Представлены результаты изучения подземного стока бассейна р. Оки, включающей 23 единичных (частных) водосбора. Большая часть бассейна Оки (крупного левого притока р. Ангары) расположена в горноскладчатой области и слабо освещена данными режимных наблюдений за речным стоком. Определение подземного стока для рек бассейна р. Оки производилось комплексным гидролого-гидрогеологическим методом генетического расчленения гидрографов рек с учетом изъятия части стока на наледообразование, а также различных схем дренирования реками водовмещающих пород. Для большинства речных бассейнов Восточного Саяна характерно отсутствие берегового регулирования, так как даже в бассейнах малых рек глубина эрозионного вреза значительно превышает мощность зоны дренирования, определяемую глубиной распространения эффективной трещиноватости. В этих условиях происходит практически полное дренирование массивов реками. Для неизученных рек подземный сток определялся методом переходных коэффициентов по единичным расходам воды, полученным при проведении гидрометрической съемки в период зимней межени. В горноскладчатой области модуль подземного стока изменяется в широких пределах (от 0,5 до 9,2 л/(с·км²)) и зависит от ландшафтно-климатической обстановки, в первую очередь от величины атмосферных осадков, а также от гидрогеологических условий конкретных водосборов, связанных с наличием многолетнемерзлых пород, различиями в тектонической активности на разных участках исследуемой территории.

Ключевые слова: гидрограф реки, расход воды, наледообразование, зона дренирования, речной бассейн, зимняя межень.

P.S. BADMINOV*, **A.I. ORGILYANOV***, **S.Kh. PAVLOV***,
V.E. DMITRIEV-DOBROVOLSKY**, **I.G. KRYUKOVA***

*Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 664033, ul. Lermontova, 128, Russia, prokop_sbad@mail.ru, aiorgil@crust.irk.ru, spavlov@crust.irk.ru, irig@crust.irk.ru

**Irkutsk State University,
664003, Irkutsk, ul. Karla Marksa, 1, Russia, vladis.box@yandex.ru

UNDERGROUND RUNOFF OF THE OKA RIVER BASIN (EASTERN SAYAN)

Presented are the results from studying the underground runoff of the Oka river basin, including 23 single catchments. Most of the basin of the Oka (a large left tributary of the Angara river) is located within the mountain-folding region and scarcely covered by data of routine observations of the river runoff. The underground runoff for the rivers within the Oka basin was determined by an integrated hydrological-hydrogeological method of genetic separation of river hydrographs having regard to the withdrawal of a part of the runoff for aufeis formation, considering different drainage schemes of water-bearing material by rivers. Most river basins of the Eastern Sayan are characterized by the absence of bank stream flow control, because even in small river basins the depth of erosional incision exceeds considerably the thickness of the drainage zone which is determined by the occurrence depth of effective crevassing. Under these conditions, almost complete drainage of the massifs by rivers occurs. For the unexplored rivers, the underground runoff was determined by the method of transition coefficients from single water discharges obtained during the hydrometric survey of the winter low-level water. Within the mountain-folding region, the specific groundwater runoff varies over a wide range from 0.5 to 9.2 L/s/km² and depends on the landscape-climatic conditions, primarily on the atmospheric precipitation amount as well as on hydrogeological conditions of particular catchments associated with the occurrence of permafrost and with differences in tectonic activity in different parts of the study area.

Keywords: river hydrograph, water flow, aufeis formation, drainage zone, river basin, winter low water.

© 2020 Бадминов П.С., Оргильянов А.И., Павлов С.Х.,
Дмитриев-Добровольский В.Е., Крюкова И.Г.

ВВЕДЕНИЕ

Бассейн р. Оки в пределах горноскладчатой области находится на территории Алтае-Саянской горной страны в центральной части Восточного Саяна. К основным водным артериям рассматриваемой территории относятся р. Ока и ее притоки — реки Хоре, Диби, Тисса, Сенца, Жомболок, Сорок, Орлик и т. д. Тип питания рек преимущественно дождевой вследствие значительного количества жидких осадков. В их режиме выделяется весенне-летнее половодье, за которым следуют, как правило, превышающие его паводки [1]. Подземный сток на исследуемой территории в связи с ее труднодоступностью изучен мало. В связи с необходимостью анализа гидрогеологических и инженерно-геологических условий Боксонского месторождения бокситов подземный сток исследовался на ограниченном участке в верховьях р. Оки [2]. Было установлено, что, несмотря на значительную мощность многолетнемерзлых пород (до 150 м), по тектонически ослабленным зонам развиты талики, по которым происходит питание, движение и разгрузка подземных вод, особенно если это связано с наличием карбонатных отложений, благоприятствующих накоплению в них подземных вод. Оценка величины подземного стока на региональном уровне путем его выделения на гидрографах рек проведена в работах [3–5]. На карте подземного стока территории СССР [3] показано увеличение модуля подземного стока с высотой местности. В работах [4, 5] приводится обратная зависимость модуля подземного стока от высоты, а решающая роль отводится многолетнемерзлым породам, способствующим развитию наледных явлений. В ряде источников [6, 7]¹ отмечается, что большинство наледей располагается на дне и по склонам речных долин на высотных отметках 1500–2500 м. Для низкогорья и среднегорья характерно островное распространение многолетнемерзлых пород (мощность 10–30 м). Выше гипсометрической отметки 1800–1900 м развит сплошной слой многолетнемерзлых пород мощностью до 200 м и более [8], который препятствует инфильтрации атмосферных осадков и определяет большую роль наледного регулирования в этой зоне.

В рассматриваемом районе, в бассейне р. Оки, находятся только два действующих стационарных гидрологических поста сети Росгидромета, где проводятся наблюдения за речным стоком. Первый — в верховьях р. Оки, на ее правом притоке — р. Орлик (пост Орлик), второй — на р. Оке (пост Сарам), при выходе реки из горноскладчатой области на платформу. Третий пост (на р. Тиссе) имеет короткий ряд наблюдений и в настоящее время закрыт. Гидрометрическая съемка зимней межени, произведенная авторами в 1990–1991 и в 2015–2016 гг. в бассейне р. Оки, позволила впервые оценить подземный сток на большой труднодоступной территории с учетом наледообразования в пределах горноскладчатой области.

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Восточный Саян в пределах исследуемой территории — огромный ступенчатый свод, образованный системой плато различной высоты, над которыми резко возвышаются сравнительно узкие хребты (Большой Саян, Окинский, Кропоткина, Шэлэ, Тункинские гольцы). Он представляет собой изолированную от внешнего мира горную страну, которую еще называют «Тибет в миниатюре» [9]. Система плато, или плоскогорья, занимает более 10 тыс. км², поверхность пологой наклонена к северу, а абсолютные отметки понижаются от 2500 до 1800 м. Окинское плоскогорье морфологически подразделяется на две зоны, естественной границей между которыми служит Ока.

Левобережье р. Оки — это почти плоская поверхность, над которой изредка возвышаются отдельные овальные сопки, имеющие относительное превышение 100–200 м. Общий уровень поверхности находится на высоте около 2200 м. Повсеместно отмечаются озера и группы озер, представляющие собой ванны ледникового выпахивания, зачастую окаймленные моренами. Левые притоки р. Оки (Хоре, Боксон, Диби, Сенца, Тисса, Жомболок) имеют значительную протяженность, небольшие уклоны, часто протекают через многочисленные озера. На правобережье реки отмечается ряд коротких хребтов и гольцов: Каландаришвили, Сорокский, Бельский и Ботогольский. В общих чертах этот участок представляет собой более приподнятую часть Окинского плоскогорья. Абсолютные отметки здесь достигают 2600–2900 м. Рельеф пологоволнистый, плосковершинный, склоны покатые и постепенно переходят в днище. Долины рек имеют хорошо выраженный продольный профиль и зачастую заболочены. Правые притоки р. Оки (Гарган, Улзыта, Сорок, Жажна, Орлик) менее протяженные, чем левые, и имеют большие уклоны.

¹ См. также: **Рябчиков А.М.** Наледи в Восточном Саяне: Рукопись // Фонды Института географии Сибири и Дальнего Востока. — Иркутск, 1942. — 29 с.

Наряду с положительными формами рельефа, испытывающими поднятие, на рассматриваемой территории имеются отрицательные структуры — грабены — долины Оки, Сенцы, Жомболока, зарождение и развитие которых произошло в зонах крупных региональных разломов, активизированных в кайнозой. Наиболее хорошо выраженной структурой является Окинская впадина, которая характеризуется почти широтным простиранием и охватывает долины рек Ока, Жомболок и Илез. Длина впадины 60 км, ширина 2–10 км, отметки дна изменяются в пределах 1175–1400 м [1].

Территория Восточного Саяна сложена главным образом метаморфическими породами архейского и протерозойского возрастов, прорванных многочисленными интрузиями гранитоидов, и характеризуется интенсивной тектонической проработанностью. Метаморфические породы широко развиты преимущественно в верхней части бассейна р. Оки и представлены разнообразными гнейсами, кристаллическими сланцами, амфиболитами с многочисленными прослоями кварцитов и мраморов. Палеозойские отложения в виде небольших участков кембрийских карбонатных пород встречаются в верховьях р. Оки. Большое значение в геологическом строении территории имеют магматические породы в виде разнообразных интрузий гранитоидов — гранитов, граносиенитов, габбро-диоритов. Молодыми (кайнозойскими) базальтовыми покровами сложены обширные плоские междуречья Окинского плоскогорья. Лавовый поток в долине р. Жомболок и отложения небольших вулканов шлакового типа в его верховьях (вулканы Перетолчина и Кропоткина) относятся к четвертичным образованиям. Рыхлые четвертичные отложения разделяются на ледниковые и флювиогляциальные первой эпохи оледенения, межледниковые озерно-речные и морены последнего оледенения. К ним также относятся современные аллювиальные отложения речных долин [10].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для оценки подземного стока исследуемой территории применены методы генетического расчленения гидрографа и гидрометрической съемки зимней межени. Использование меженных гидрометрических съемок особенно актуально для количественной оценки подземного стока при отсутствии данных наблюдений за стоком рек [11], в связи с чем в 2015–2016 гг. в пределах Окинского плоскогорья была проведена зимняя гидрометрическая съемка. Меженные расходы притоков р. Оки в ее среднем течении (склоновая часть Восточного Саяна) определены в ходе авиадесантных работ в декабре 1990 г. Бассейны рек из-за сложности геологического строения являются гетерогенными, поэтому створы размещались в устьях почти всех малых притоков и по возможности на самой р. Оке. Это позволяло в какой-то степени обеспечить взаимный контроль каждого измеренного расхода совокупностью предшествующих измерений и выяснить места притока подземных или поглощения речных вод. Основная задача при обработке результатов гидрометрических съемок заключается в трансформировании единичных расходов воды в среднее значение для данного месяца, года и многолетнее для получения расчетных характеристик [12].

В качестве реки-аналога принята р. Ока в замыкающем створе (пост Сарам) с достаточно длительным рядом наблюдений за речным стоком. В основу оценки подземного стока реки-аналога положен метод генетического расчленения речного гидрографа [13], рассматривающий различные схемы дренирования реками водовмещающих пород. Процедуре расчленения и реконструкции подверглись более 70 фактических гидрографов, принадлежащих трем расчетным водосборам: р. Ока — пост Сарам, р. Орлик — пост Орлик, р. Тисса — пост Балакта, два из которых расположены в центральной части Окинского плоскогорья. Для учета изъятия части стока на наледообразование проведена реконструкция гидрографов рек в зимний период по экспоненциальному уравнению регрессии, предложенному Ж.В. Буссинеском для описания интенсивности уменьшения дебита родников в периоды отсутствия питания подземных вод [11]:

$$Q = Q_0 e^{-\alpha(t_2 - t_1)},$$

где $t = t_2 - t_1$ — период сработки запасов, с; Q — расход воды в период времени t , м³/с; α — коэффициент истощения, характеризующий скорость сработки запасов, с⁻¹. В начале кривой спада $t = 0$, $Q = Q_0$.

Разница между теоретической кривой и реальным гидрографом за зимний период будет равняться потерям речного стока на наледообразование. Анализ гидрографов рек в зимний период показывает, что на ее нисходящей ветви выделяется до трех самостоятельных участков. Исследования стока сезонно-талого слоя малых горных рек бассейна р. Колымы показывают, что эти участки связаны различиями в условиях водоотдачи пород, слагающих бассейн [14]. Первый, крутонаклоненный учас-

ток характеризует подземный сток из крупнообломочных отложений на приводораздельных частях склонов; второй, пологий участок — из приподошвенных частей долин или пологих склонов, обогащенных глинистыми и тонкозернистыми частицами; третий, слабонаклоненный участок — из прирусловых отложений. Кроме того, повышение водности рек криолитозоны до начала массового таяния снежного покрова связано с поступлением талых вод в надмерзлотные талики. С определенной долей приближения такая схема может быть распространена и на реки Восточного Саяна. Тем не менее в ноябре–декабре происходит осушение и перемерзание сезонно-талого слоя, и реки питаются подмерзлотными и надмерзлотными водами таликовых зон. Например, в долине р. Боксон в аллювиальных отложениях есть участки, где сезонная и многолетняя мерзлота полностью не смыкаются, надмерзлотные воды находятся в жидком состоянии круглый год, а в устьевых частях крупных притоков и на самом магистральном водотоке существуют подрусовые талики, характеризующиеся значительным развитием полыней в течение всего зимнего периода. На неперемежающихся реках Восточного Саяна самостоятельные участки на гидрографе зимнего стока более продолжительны во времени. Равные коэффициенты истощения (0,008) питающегося подмерзлотными водами родника Теплый Ключ, горной реки Орлик и главной реки Оки в замыкающем створе (пост Сарам) свидетельствуют о сходных условиях водоотдачи, вне зависимости от водности водотока.

Для бассейнов рек с отсутствием наблюдений за стоком потери на наледообразование определялись по эмпирической формуле В.В. Кравченко, предложенной для территории Восточного Саяна (бассейн р. Оки) в зависимости от площади и высоты водосбора [7]:

$$h_{П/F_{II}} = h_{П/F=5000} 0,6 \left(\frac{F_{II}}{F_1} \right)^{0,06} ; h_{П/F=500} = \alpha H + b,$$

где $h_{П/F}$ — слой наледного стока при фактической площади водосбора, мм; $h_{П/F=500}$ — величина потеря стока, приведенная к площади водосбора 5 тыс. км², мм; F_{II} — фактическая площадь водосбора, км²; F_1 — единичная площадь, км²; H — средняя высота водосбора, м; α и b — районные параметры, для бассейна р. Оки равные 0,005 и 2,3 соответственно.

Метод расчета потерь стока на образование речного льда и наледей основан на тесной связи между этой величиной и зимним речным стоком, выраженным в модульных коэффициентах. Различие в расчетах потерь речного стока на наледообразование, определенное по реконструкции гидрографа и по эмпирической формуле, составляет 11 % для бассейнов Оки и Тиссы и 22 % для бассейна р. Орлик и не превышает величины ошибки при гидрологических расчетах для горных рек.

Для приведения данных зимней гидрометрической съемки к годовым и многолетним значениям использованы переходные коэффициенты, характеризующие соотношения подземного стока периода выполнения съемок с общей величиной годового стока. Правомерность использования для расчетов многолетних значений подземного стока данных единичных измерений расходов воды и точность получаемых результатов обеспечиваются производством работ в периоды, когда речной сток сформирован практически целиком за счет подземных вод, т. е. является генетически однородным.

Величина подземного стока для неизученных рек склоновой части бассейна р. Оки вне пределов Окинскогo плоскогорья вычислялась с помощью уравнения линейной регрессии по связи модуля стока с высотой водосбора, полученной для рек среднего течения бассейна р. Оки с коэффициентом корреляции $r = 0,84$. По этой зависимости определена величина подземного стока для всех рек с площадью водосбора более 100 км², имеющих круглогодичный сток (табл. 1). В качестве контрольно-

Таблица 1

Расчет модуля подземного стока по его связи с высотой водосбора

Река–створ	Средне многолетний меженный расход Q , м ³ /с	$Q_{ср. мнг.}$, м ³ /с		Средняя высота водосбора, H , м	Площадь водосбора, F , км ²	M , л/(с·км ²)
		наледный по эмпирической формуле	подземный сток с учетом потерь			
Улзыга	1,52	0,157	1,68	1770	508	3,31
Тэргэтэ	0,54	0,059	0,60	1826	197	3,05
Мангат-Гол	0,58	0,052	0,64	1729	183	3,47
Дандар-Гол	0,90	0,035	0,93	1217	163	5,71
Хара-Гол	0,31	0,051	0,36	2003	161	2,27
Ингаши	0,62	0,019	0,64	1036	98,9	6,49

го метода проверки результатов съемок выполняется последовательный расчет величин подземного стока в замыкающем створе, бассейн которого разбит гидрометрическими створами на отдельные участки. Сходимость результатов расчета по замыкающему створу с результатами расчета средневзвешенных величин подземного стока, выполненного для отдельных створов, служит критерием точности выполненных работ. Величина среднегодовалого подземного стока, определенная по разовому расходу зимнего речного стока без учета наледообразования для замыкающего створа р. Ока—пост Сарам, составила 45,5 м³/с, а суммарного подземного стока притоков р. Оки, вычисленная при помощи привошки эпизодических измерений к многолетним, — 45,9 м³/с. Высокая сходимость результатов, полученных по методу переходных коэффициентов, свидетельствует о приемлемой точности произведенных работ и применимости данного метода для исследуемой территории.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В целом подземный сток бассейна р. Оки в пределах горноскладчатой области, оцененный методом генетического расчленения гидрографа с учетом наледообразования, составляет 55,4 м³/с при среднем значении модуля 2,9 л/(с·км²) (табл. 2). Подземный сток выражен такой характеристикой, как модуль стока, который имеет дискретный характер пространственного распределения (0,5–9,3 л/(с·км²)), в связи с чем отображен на карте по площадному принципу (см. рисунок). Для верхней части бассейна р. Оки модуль подземного стока изменяется от 0,5 до 1,5 л/(с·км²), что типично для бассейнов рек с наличием многолетнемерзлых пород и небольшим количеством атмосферных осадков, выпадающих на водосборе (до 350 мм). Однако на участках распространения карбонатных пород в бассейне р. Боксон модуль подземного стока увеличивается в два раза. Широкое развитие наледей в верховьях рек Хоре, Боксон, Сорок, Дибь, Тисса, Сенца (см. рисунок) свидетельствует о существовании подземно-

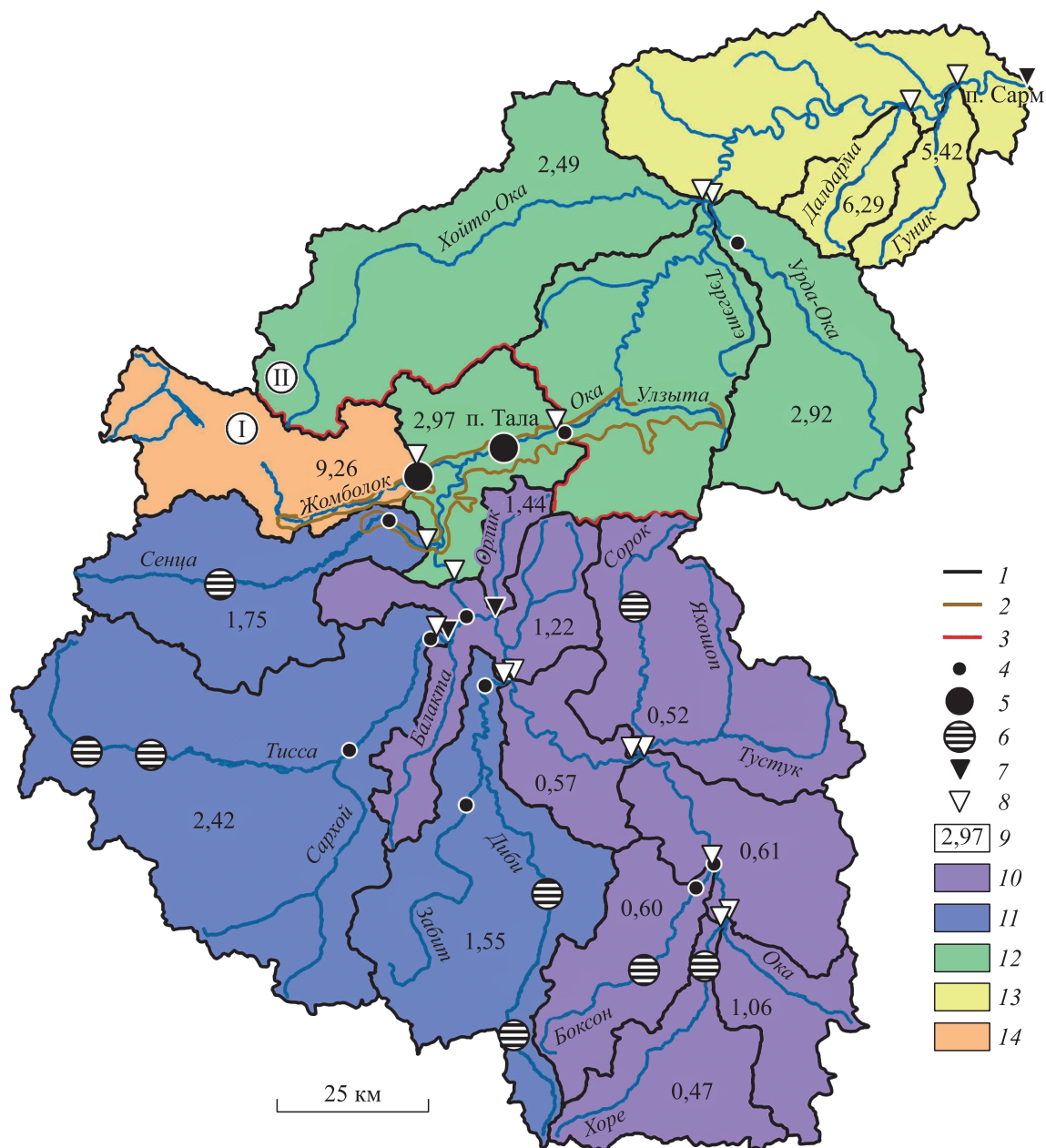
Таблица 2

Модули подземного стока рек бассейна р. Оки

Река—створ	Дата за- мера	Измерен- ный ме- женный расход Q , м ³ /с	$Q_{ср. мнг}$, м ³ /с				Средняя высота водосбо- ра, H , м	Площадь водосбо- ра, F , км ²	M , л/(с·км ²)
			межен- ный расход	наледный по эмпи- рической формуле	наледный по гидро- графам	подзем- ный сток с учетом потерь			
Ока выше устья р. Хоре	17.12.2015	0,31	0,33	0,17	—	0,50	2128	471	1,06
Хоре — устье	17.12.2015	0,057	0,06	0,25	—	0,31	2222	659	0,47
Боксон — устье	18.12.2015	0,15	0,16	0,23	—	0,39	2024	655	0,60
Ока выше устья р. Сорок	19.12.2015	0,53	0,57	1,00	—	1,57	2063	2583	0,61
Сорок — устье	19.12.2015	0,19	0,20	0,45	—	0,65	1995	1255	0,52
Ока выше устья р. Дибь	19.12.2015	0,72	0,78	1,68	—	2,45	2014	4314	0,57
Дибь — устье	19.12.2015	1,66	1,78	0,59	—	2,37	2130	1534	1,55
Орлик — пост Орлик	19.12.2015	0,12	0,13	0,041	—	0,17	1784	142	1,20
Орлик — пост Орлик*	—	—	0,17	—	0,032	0,20	1784	142	1,44
Тисса — пост Балакта	20.12.2015	5,04	5,46	1,09	—	6,55	2170	2708	2,42
Тисса — пост Балакта*	—	—	6,55	—	0,96	7,51	2170	2708	2,77
Ока выше устья р. Сенца	21.12.2015	7,06	7,69	3,98	—	11,7	2059	9543	1,22
Сенца — устье	22.12.2015	1,33	1,46	0,38	—	1,84	2062	1048	1,75
Жомболок — устье	23.12.2015	7,30	8,03	0,33	—	8,35	2053	903	9,26
Ока — пост Тала	24.12.2015	28,1	31,1	5,05	—	36,1	2019	12172	2,97
Ока — пост Сарам	25.12.2015	41,0	45,5	7,74	—	53,3	1970	18534	2,87
Ока — пост Сарам*	—	—	45,5	—	8,74	54,3	1970	18534	2,93
р. Хойто-Ока — устье	11.12.1990	3,09	4,01	0,63	—	4,64	1791	1864	2,49
Урда-Ока — устье	11.12.1990	2,37	3,07	0,36	—	3,44	1640	1178	2,92
Далдарма — устье	11.12.1990	1,33	1,73	0,070	—	1,80	1371	285	6,32
Гуник — устье	16.12.1990	1,32	1,50	0,065	—	1,57	1228	290	5,41

Примечание. Прочерк — данные отсутствуют.

* Среднегодовые данные по гидрографу речного стока.



Карта распределения модуля подземного стока горноскладчатой части бассейна р. Ока (Восточный Саян).

I — Окинское плоскогорье; II — склоновая часть бассейна р. Оки. 1 — границы речных бассейнов; 2 — контур Окинской впадины; 3 — граница между плоскогорьем и склоновой частью бассейна р. Оки. Участки наибольшего развития полей (по [6], с дополнениями авторов): 4 — длиной 1–2 км, 5 — длиной более 5 км; 6 — участки развития крупных наледей; 7 — стационарный гидрологический пост; 8 — разовый гидрометрический створ; 9 — модуль подземного стока, л/(с·км²): 10 — 0,5–1,5 (низкий), 11 — 1,5–2,5 (средний), 12 — 2,5–3,5 (высокий), 13 — 3,5–6,5 (весьма высокий), 14 — более 6,5 (исключительно высокий).

го стока в истоках рек на высоких гипсометрических уровнях. Относительно повышенный подземный сток р. Сенцы ($M = 1,8$ л/(с·км²)) и р. Тиссы ($M = 2,4$ л/(с·км²)) обусловлен наличием большого числа озер на водосборе, оказывающих регулирующее влияние. Так, например, р. Тисса ($M = 2,4$ л/(с·км²)) протекает через озера Шутхулай-Нур и Дозор-Нур, с общей площадью зеркала воды около 30 км², и имеет нехарактерный для горных рек низкий коэффициент вариации подземного стока — 0,14. Так-

же большое количество озер на водосборе у левых притоков р. Оки и тектоническая раздробленность территории создают благоприятные условия для существования таликовых зон, по которым происходит питание подземных вод, а в некоторых случаях и разгрузка. Кроме того, бассейн р. Оки до устья р. Жомболок имеет асимметричное строение. Левобережье занимает выровненное плато (древние поверхности выравнивания), поэтому левые притоки р. Оки значительно протяженнее, имеют небольшие уклоны, а в долине р. Сенцы, несмотря на наличие многолетнемерзлых пород, существуют выходы термальных вод с дебитами до 40 л/с [15]. Правобережье представляет собой склоны гольцово-вой зоны с большими уклонами и малыми водосборами рек Гарган, Улзыта, Тустук, Сорок, Жажна, Орлик, в связи с чем часть из них в зимний период перемерзает полностью.

Самый высокий модуль подземного стока отмечен в бассейне р. Жомболок ($M = 9,2$ л/(с·км²)), расположенной в краевой части плоскогорья, где в настоящее время проявляются интенсивные движения земной коры. Долина реки заложена по молодому тектоническому разлому и заполнена голоценовым базальтовым потоком, перекрывающим морены последнего оледенения и галечники р. Оки. Жомболок берет начало из оз. Бурсук-Нур, однако выше, в 10 км, существует изолированное базальтовым потоком подпрудное оз. Хара-Нур, одно из крупнейших на данной территории. Его площадь более 9 км², а глубина достигает 50 м [16]. В зимнюю межень уровень озера может понижаться на 20 м и более, что свидетельствует о перетоке озерных вод через осадочный комплекс днища долины не только в оз. Бурсук-Нур, но и непосредственно в аллювиальные отложения р. Жомболок. Кроме того, многие притоки р. Жомболок (Хагта, Саган-Шулута, Хи-Оруг и т. д.), достигая лавового потока, теряются под базальтовыми торосами, и поверхностный сток трансформируется в подземный. В отложениях базальтов выявлены сквозные каналы, сформировавшиеся при остывании лавы [17], которые существенно увеличивают их фильтрационные и емкостные свойства и способствуют интенсивному движению подземных вод. Гидрометрическая съемка зимней межени показала большую невязку стока в пределах Окинской впадины. Зимний меженный сток в разовом замыкающем створе (пост Тала) превышает суммарный сток притоков более чем на 10 м³/с. Кроме возможного подруслового стока р. Жомболок, здесь, скорее всего, происходит разгрузка подземных вод из рыхлых четвертичных отложений самой Окинской впадины. Эта разгрузка оказывает настолько мощное согревающее воздействие, что на протяжении более 5 км в русле Оки и Жомболока существуют многочисленные незамерзающие полыньи и участки, практически свободные от ледового покрова (см. рисунок). Вскрытие рек на этом участке происходит значительно раньше, чем на остальной территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты работы показали, что пространственное и временное распределение подземного стока на рассматриваемой территории имеет весьма сложный характер. Ограниченность фактических данных заставляла предыдущих исследователей при картировании подземного стока какой-либо один из факторов его формирования выбирать в качестве главного, в результате чего создавались исключаящие друг друга региональные построения [3–5]. Несмотря на наличие мощной толщи многолетнемерзлых пород, при благоприятных гидрогеологических условиях даже в высокогорье существуют таликовые зоны, в которых формируется подземный сток. Активность стока растет с увеличением площади водосборов, и при соответствующей гидрогеологической обстановке суровые мерзлотные и климатические условия не могут повлиять на заметное уменьшение стоковых характеристик. Концентрация подземного стока ярко проявляется как в активном формировании наледей, так и в широком распространении участков открытых русел водотоков. Детализация дальнейших исследований прояснит влияние мерзлотно-климатических факторов на сложный процесс формирования подземного стока, а также раскроет гидрогеологические условия различных геолого-структурных образований в бассейнах разного порядка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Выркин В.Б., Опекунова М.Ю.** Строение рельефа речных долин Окинского плоскогорья (Восточный Саян) // География и природ. ресурсы. — 2015. — № 2. — С. 106–113.
2. **Скворцов Г.Г.** Мерзлотно-гидрогеологические условия южной части Восточных Саян в связи с проблемой рудничного строительства // Материалы по подземным водам Восточной Сибири. — Иркутск: Ирк. кн. изд-во, 1957. — С. 164–171.

3. Куделин Б.И. Подземный сток на территории СССР. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1966. — 301 с.
4. Естественные ресурсы подземных вод юга Восточной Сибири / Отв. ред. И.С. Зекцер. — Новосибирск: Наука, 1976. — 128 с.
5. Шайбонов Б.Б. Зимний сток рек Бурятии: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. — 26 с.
6. Зонов Б.В., Шульгин М.Ф. Гидрология рек бассейна Братского водохранилища. — М.: Наука, 1966. — 169 с.
7. Кравченко В.В. Наледи на реках и их роль в формировании водных ресурсов (на примере юга Восточной Сибири): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО АН СССР, 1983. — 25 с.
8. Орешкин И.И. Вечная мерзлота на Ботогальском гольце в Восточных Саянах // Землеведение. 1935. — Т. 37, вып. 1. — С. 55–78.
9. Обручев С.В. Орография и геоморфология восточной половины Восточного Саяна // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. — 1946. — Т. 78, вып. 1–6. — С. 470–498.
10. Флоренсов Н.А. Геологическое строение Бурят-Монголии // Материалы по изучению производительных сил БМ АССР. — 1954. — Вып. 1. — С. 71–112.
11. Соколов Б.Л., Саркисян В.О. Подземное питание горных рек. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — 240 с.
12. Ратнер Н.С. К расчету подземного притока в реки по данным единичных расходов воды // Труды ГГИ. — 1977. — Вып. 240. — С. 55–71.
13. Куделин Б.И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960. — 344 с.
14. Глотова Л.П., Глотов В.Е. Роль подземных вод в общем стоке малых горных рек бассейна реки Колыма // Изв. Самар. науч. центра РАН. — 2012. — Т. 14. — С. 2321–2324.
15. Бадминов П.С., Иванов А.В., Писарский Б.И., Оргильянов А.И. Окинская гидротермальная система (Восточный Саян) // Вулканология и сейсмология. — 2013. — № 4. — С. 27–39.
16. Щетников А.А., Безрукова Е.В., Филинов И.А., Иванов Е.В., Кербер Е.В. Озерный морфолитогенез в долине вулканов (Восточный Саян) // География и природ. ресурсы. — 2016. — № 3. — С. 37–48.
17. Аржанников С.Г., Иванов А.В., Аржанникова А.В., Демонтерова Е.И., Жоливе М., Воронин В.И., Буянтгев В.А., Осколков В.А. Возраст Жомболокского лавового поля (Восточный Саян) по дендрохронологическим и радиоуглеродным данным // Геология и геофизика. — 2017. — № 1. — С. 27–47.

Поступила в редакцию 06.12.2018

После доработки 06.12.2018

Принята к публикации 25.12.2019