

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

ISSN 1997-8650 (Print)
ISSN 2587-8255 (Online)

ENGINEERING SURVEY

Vol. XIII • Том XIII 1/2019

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

При поддержке:

Саморегулируемая организация



Ассоциация
«Инженерные изыскания
в строительстве»



ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Каширский В.И., Дмитриев С.В.

Современное состояние и перспективы испытаний грунтов штампами6

Труфанов А.Н.

Разработка новых таблиц переходных коэффициентов от результатов
компрессионных испытаний к нормативному значению модуля деформации18

ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Чалов С.Р., Терский П.Н., Ефимова Л.Е., Терская А.И.,
Ефимов В.А., Данилович И.С.

Проблемы гидрологического мониторинга в бассейнах трансграничных
рек Восточной Европы (на примере Западной Двины)32

Иглин С.М., Лещев А.В., Коробов В.Б.

Оценка масштабов заносимости судоходного канала в порту Архангельск46

Кузнецова М.Р., Пашовкина А.А., Генсировский Ю.В.

Изменение характеристик максимального поверхностного стока и связанные
с этим опасности для объектов инфраструктуры (на примере строительства
биатлонного комплекса в г. Южно-Сахалинск)56

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Куликов В.А., Аношина С.А.

Поляризуемость песчано-гравийных отложений по результатам лабораторных
и полевых измерений68

Отраслевые новости78





ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА И СВЯЗАННЫЕ С ЭТИМ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ (НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА БИАТЛОННОГО КОМПЛЕКСА В Г. ЮЖНО-САХАЛИНСК)

КУЗНЕЦОВА М.Р.

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия, rotefliege@mail.ru

Адрес: Университетская набережная, д. 7/9, г. Санкт-Петербург, 199034, Россия

ПАШОВКИНА А.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия, asyapashovkina@gmail.com

ГЕНСИОРОВСКИЙ Ю.В.*

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, gensiorovskiy@mail.ru

Адрес: пр. 100 лет Владивостоку, д. 159, г. Владивосток, 690022, Россия

Оригинальная статья

Поступила в редакцию 22.12.2018 / Принята к публикации 25.02.2019 / Дата публикации 28.02.2019

© ООО «Геомаркетинг», 2019

Аннотация: определение максимальных расходов половодий и дождевых паводков на малых горных водотоках является актуальным для задач проектирования и строительства. Однако в настоящее время при проведении строительных работ учетом поверхностного стока малых водотоков часто пренебрегают. Это приводит к различным проблемам при эксплуатации возводимых объектов. Целью данной работы является оценка влияния строительства биатлонного комплекса в рекреационной зоне г. Южно-Сахалинск на максимальный поверхностный сток с занимаемой ей территории. С использованием данных, собранных в ходе полевых работ летом 2018 года, составлены карты естественных и антропогенно преобразованных водосборов рассматриваемой территории, определены их гидрографические характеристики в соответствии с общепринятыми рекомендациями. На основе полученных данных выполнен сравнительный анализ современного состояния исследуемой территории и ее характеристик до создания спортивных объектов в 2016–2017 гг. Произведен расчет максимального стока в периоды половодья и дождевых паводков по аналитическим формулам, рекомендованным в литературных источниках. Результаты расчетов ясно показывают, что расходы воды с данной территории в период паводков и половодья после строительства комплекса увеличились в сравнении с расходами, наблюдавшимися до строительства. Проведенные исследования подтвердили, что строительство биатлонных трасс на горном склоне привело к увеличению поверхностного стока с данной территории, что является причиной переполнения городской ливневой канализации г. Южно-Сахалинск при прохождении половодья и паводков, выходу ливневых стоков на дневную поверхность и активизации процессов эрозии, суффозии на рассматриваемой территории.

Ключевые слова: поверхностный сток; малые водотоки; осадки; ливневая канализация; г. Южно-Сахалинск; биатлонный комплекс

Благодарности: авторы статьи выражают благодарность коллективу Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института ДВО РАН в содействии написанию данной статьи.

Ссылка для цитирования: Кузнецова М.Р., Пашовкина А.А., Генсировский Ю.В., 2019. Изменение характеристик максимального поверхностного стока и связанные с этим опасности для объектов инфраструктуры (на примере строительства биатлонного комплекса в г. Южно-Сахалинск). Инженерные изыскания, Том XIII, № 1, с. 56–67, <https://doi.org/10.25296/1997-8650-2019-13-1-56-67>.

THE CHANGE OF MAXIMUM SURFACE RUNOFF CHARACTERISTICS AND FOLLOWING RISKS FOR THE SETTLEMENTS INFRASTRUCTURE (ON THE EXAMPLE OF THE BIATHLON COMPLEX CONSTRUCTION IN YUZHNO-SAKHALINSK)

MARIA R. KUZNETSOVA

*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia, rotefliege@mail.ru
Address: Bld. 7/9, Universitetskaya Emb., 190034, Saint-Petersburg, Russia*

ANASTASIA A. PASHOVKINA

Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia, asyapashovkina@gmail.com

YURIY V. GENSIOROVSKIY*

*Far East Geological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia, gensiorovskiy@mail.ru
Address: Bld. 159, 100-Ietiya Vladivostoka Ave, 690022, Vladivostok, Russia*

Original paper

Received 22 December 2018 / Accepted 25 February 2019 / Published 28 February 2019

© "Geomarketing" LLC, 2019

Abstract: the determination of maximum water discharges of floods and rain floods at small mountain streams is relevant for engineering and construction purposes. However, currently, the accounting of the surface runoff of small watercourses is often neglected when construction works are being carrying out. This fact leads to various problems with the exploitation of constructed objects. The purpose of this work is to assess the impact of the construction of the biathlon complex in the recreational area of Yuzhno-Sakhalinsk on the maximum surface runoff from the territory that it occupies. Maps of natural and anthropogenically transformed catchments of the territory were created with the usage of the data, collected during the field work in the summer of 2018. Hydrographical characteristics of both kinds of catchments were determined in accordance with generally accepted recommendations. On the basis of the obtained data, there was carried out the comparative analysis of the current state of the study area and its characteristics before the creation of sports facilities in years 2016–2017. The calculations of the maximum runoff in periods of flood and rain floods according to analytical formulas recommended in the literature were made. The results of the calculations clearly show that water discharges from this area during the period of flood and rain floods increased after the construction of the complex in comparison with discharges observed before construction. Studies have confirmed that the construction of biathlon tracks on the mountainside led to the increase in surface runoff from this area, which is the reason for the overflow of the urban storm sewer of Yuzhno-Sakhalinsk during the period of flood and rain floods, stormwater outlets on the day surface and the activation of erosion processes, suffusion on the considered territory.

Key words: surface runoff; small watercourses; precipitation; rainstorm sewer; Yuzhno-Sakhalinsk; biathlon complex

Acknowledgements: the authors of the article express their gratitude to the team of the Sakhalin Branch of the Far Eastern Geological Institute, Far East Branch of Russian Academy of Sciences in facilitating the writing of this article.

For citation: Kuznetsova M.R., Pashovkina A.A., Gensiorovskiy Yu.V., 2019. The change of maximum surface runoff characteristics and following risks for the settlements infrastructure (on the example of the biathlon complex construction in Yuzhno-Sakhalinsk). *Engineering Survey*, Vol. XIII, No. 1, pp. 56–67, <https://doi.org/10.25296/1997-8650-2019-13-1-56-67>.

Введение

Определение максимальных расходов половодий и дождевых паводков на малых водотоках является актуальным для задач проектирования и строительства [2, 3, 5, 6]. Однако в настоящее время при проведении строительных работ учетом поверхностного стока малых водотоков часто пренебрегают. Это приводит к различным проблемам при эксплуатации возводимых объектов [2, 7, 8], а также увеличивает опасность акти-

визации экзогенных геологических процессов в городской черте¹.

В городе Южно-Сахалинске и его окрестностях в последнее десятилетие ведется активное строительство: прокладываются автомобильные дороги, строятся дома и разнообразные спортивные объекты. Строительство зачастую ведется без должного учета природных особенностей региона (горного рельефа территории, обильных и интенсивных осадков, многочисленных ма-

лых водотоков на склонах), что приводит к возникновению проблем при эксплуатации объектов.

Одним из таких примеров является ситуация с переполнением ливневой канализации г. Южно-Сахалинск. Причиной данной проблемы по одной из версий является создание биатлонного комплекса на западном склоне г. Плоская (Суусайский хр.).

Строительство его объектов повлекло за собой переформирование и пере-

¹ Генсиоровский Ю.В., 2011. Экзогенные геологические процессы и их влияние на территориальное планирование городов (на примере о. Сахалин). Автореф. ... канд. геол.-мин. наук. ИЗК СО РАН, Иркутск.

распределение поверхностного и грунтового стока: создаваемые трассы пересекают естественные водотоки; при строительстве зданий или при выравнивании отдельных участков вскрываются грунтовые воды. В связи с тем, что в данном случае строительство проводится в горных условиях, эти изменения особенно существенны: рассредоточенный по склону сток собирается в направленные потоки, увеличивается размывающая способность, уменьшается время добегания по бассейну и т.д. На настоящий момент территория занимает обширные площади, и в перспективе планируется ее дальнейшее расширение. Таким образом, если переполнение городской канализации вызвано антропогенной деятельностью на горных склонах, в скором времени ситуация только усугубится.

Целью данной работы является оценка влияния строительства биатлонного комплекса в рекреационной зоне г. Южно-Сахалинск на максимальный поверхностный сток с занимаемой ей территории.

Основными задачами стали:

- маршрутное обследование участка;
- выделение границ малых естественных и антропогенно измененных водосборов данного участка;
- определение морфометрических и гидрографических характеристик выделенных водосборов;
- расчет максимального стока в периоды половодья и дождевых паводков;
- сравнение результатов расчетов стока для естественных и антропогенно измененных водосборов.

Район исследований и характеристика природных условий

Участок исследований расположен в бассейне р. Сусуя, на западном склоне Сусунайского хребта, в пределах г. Южно-Сахалинск.

Рассматриваемая территория находится в зоне действия муссонной циркуляции умеренных широт. Климатические особенности бассейна р. Сусуя связаны в основном с ее географическим положением у границы Евразийского материка и Тихого океана. Влияние солнечной радиации, одного из основных климатообразующих факторов, здесь несколько ослаблено значительной облачностью и частыми туманами [1, 11].

В холодный период года над рассматриваемой территорией преобладают ветры северо-западной четверти, приносящие с материка холодный континентальный воздух. Большое влияние на погоду здесь оказывает активная циклоническая деятельность, развивающаяся над Охотским морем и Алеутской грядой. Прохождение циклонов обычно вызывает потепление и обильные снегопады.

В теплый период года преобладающими становятся ветры, дующие с моря. Наступает период летних муссонов, приносящих влажный воздух, туманы и обуславливающих прохладное, пасмурное и дождливое лето [11].

Среднегодовая температура воздуха в г. Южно-Сахалинск составляет 2,2°C. В горной части бассейна р. Сусуя, по данным снеголавинной станции (СЛС) «Перевал» (абс. высота 320 м), среднегодовая температура воздуха составляет 0,4°C, причем самым холодным месяцем является февраль (средняя температура -15,2°C), в отличие от находящейся в днище долины гидрометеорологической станции (ГМС) «Южно-Сахалинск», для которой самым холодным месяцем является январь.

Самым теплым месяцем является август, когда среднемесячная температура воздуха в долинной части бассейна, составляет 16,9°C. В горах исследуемого района с увеличением высоты местности происходит понижение температуры: по данным СЛС «Перевал» средняя температура в августе составляет 15,5°C.

Распределение осадков на территории определяется, в основном, направлением атмосферной циркуляции, влажностью атмосферы и характером рельефа.

Наличие препятствий в виде горных хребтов на пути движения циклонов вызывает увеличение количества выпадающих осадков на наветренном склоне и уменьшение на подветренном. Горные хребты и многочисленные глубоко врезаемые долины создают сложную циркуляцию воздуха внутри района, способствующую образованию местной облачности или ее разрушению.

Среднегодовое количество осадков в днище долины р. Сусуя (ГМС «Южно-Сахалинск») составляет 822 мм. С увеличением высоты водосборной площади увеличивается и количество выпадающих осадков. В табл. 1 приведены данные о распределении среднегодово-

го количества осадков, выпадающих в бассейне р. Сусуя, по данным ГМС «Южно-Сахалинск» и суммарного осадкомера, установленного на водоразделе Сусунайского хребта и действовавшего с 1964 по 1994 гг.²

Среднее количество осадков за холодный период по данным долиной ГМС «Южно-Сахалинск» (ноябрь — март) — 263 мм, что составляет 32% от годового количества.

Продолжительность залегания снежного покрова составляет в днище Сусунайской долины 150–160 дней, увеличиваясь в горах до 190 дней. Наиболее интенсивно увеличение мощности снежного покрова происходит с ноября по январь. Среднеголетняя сумма твердых осадков за зимний сезон на ГМС «Южно-Сахалинск» составляет 263 мм. В горах бассейна р. Сусуя среднеголетняя сумма твердых осадков (в зависимости от высотной зоны) варьируется от 300 до 700 мм, в отдельные годы превышая 1200 мм³.

На метеоплощадке в днище долины максимальная средняя высота снежного покрова по постоянной рейке составляет 46 см. Максимальная высота снежного покрова на метеоплощадке за весь период наблюдения составила 135 см (открытое место), а по данным снегосъемок в днище долины наибольшая высота — 220 см (защищенное место) [6].

В горах наибольшей толщины снежный покров достигает в конце марта — начале апреля. Максимальная наблюдаемая толщина снежного покрова по постоянной рейке на СЛС «Перевал» в марте 1970 г. составила 350 см. По данным снегомерных работ в этот период мощность снежного покрова в высотной зоне 400–900 м превышала 400 см⁴.

Среднеголетнее количество осадков за теплый период (апрель — октябрь) в днище долины р. Сусуя составляет 559 мм, в горах увеличиваясь до 700–1100 мм (см. табл. 1). Самым дождливым месяцем является сентябрь. Летние осадки отличаются большой интенсивностью. В конце лета и начале осени наблюдаются выходы глубоких циклонов и тайфунов, приносящих ливневые дожди. При прохождении тайфунов «Оджин» и «Филлис» (1–7 августа 1981 г.) сумма осадков в г. Южно-Сахалинск составила 220 мм при среднеголетней сумме осадков за август 94 мм. Суточный максимум осадков от дождя

² Материалы наблюдений за осадками и снежным покровом в горах 1965–1993 гг., 1993. Сахалинское УГКС, Южно-Сахалинск.

³ Справочник по климату СССР. Особо опасные метеорологические явления. Вып. 34, 1985. Сахалинское УГКС, Южно-Сахалинск.

⁴ Метеорологический ежемесячник, 1970. Вып. 3. Сахалинское УГКС, Южно-Сахалинск.

Таблица 1
Table 1Среднегодовое количество осадков в бассейне р. Сусуя
Average precipitation in the Susuya River basin

Гидрометеорологическая станция, суммарный осадкомер, абс. высота, м	Месяцы														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XI-III	IV-X	Год
«Южно-Сахалинск», 22 м	43	41	47	48	67	60	97	94	110	83	72	60	263	559	822
Осадкомер № 20 (басс. р.Рогатка, Сусунайский хребет), 470 м	106	119	117	112	110	111	116	230	249	194	139	123	604	1118	1722

на ГМС «Южно-Сахалинск», расположенной на высоте 22 м, пришелся на 5 августа и составил 116 мм. За те же сутки на высоте 320 м (СЛС «Перевал») выпало 159 мм, а за следующие сутки еще 144 мм осадков; таким образом, за 47 часов количество осадков составило 303 мм. По данным сети суммарных осадкомеров, расположенных в бассейне р. Сусуя, количество выпавших осадков за этот период колебалось в широких пределах — от 340 до 1200 мм согласно данным отчета по особо опасным гидрометеорологическим явлениям, наблюдавшимся в Сахалинской области в период с 2 по 6 августа 1981 г, подготовленного в 1982 г. Сахалинским УГКС.

По данным наблюдений за осадками и снежным покровом в горах Сахалина, проводившихся в 1959–2019 гг., вертикальный градиент суммы жидких осадков за явление составляет в среднем 40–70 мм/100 м, твердых осадков — 25–50 мм/100 м [7]. Максимальное значение вертикального градиента суммы как жидких, так и твердых осадков за явление может достигать 200 мм/100 м.

Соответственно, при примерно равном соотношении между количеством твердых и жидких осадков их общее количество в бассейне р. Сусуя больше, чем осадков, наблюдаемых по ГМС «Южно-Сахалинск» [4, 10, 15].

Таким образом, рассчитанные только с использованием данных внутридолинных ГМС значения максимальных уровней и расходов дождевых паводков и весеннего половодья оказываются сильно заниженными.

По гидрологическому районированию [16] исследуемая территория находится в **4 гидрологическом районе - Южном**. Гидрологический район охватывает весь юг о. Сахалин от перешейка Поясок (рис. 1, а).

Схема гидрометеорологической изученности приведена на рис. 1, б.

Изучение водного режима реки Сусуя началось в 1947 г. с открытия водомерного поста в г. Южно-Сахалинск. В дальнейшем в бассейне р. Сусуя в разное время были организованы наблюдения на рр. Рогатка и Красносельская, открыты посты в верхнем течении р. Сусуя.

Наиболее приближенным к участку исследований был гидрологический пост на р. Рогатка. Он действовал с 1959 по 1996 г. С учетом малых площадей водосборных бассейнов водотоков в районе строительства биатлонного комплекса считаем возможным привести характеристику общего водного и уровня режима по данным этого поста.

Река Рогатка берет начало на северном склоне г. Российская, является притоком второго порядка р. Сусуя и впадает в р. Красносельская с левого берега в 0,3 км от ее устья. Длина водотока до створа гидрологического поста составляет 4,3 км, площадь водосбора — 15,1 км². Бассейн реки Рогатки вытянут с востока на запад. Рельеф бассейна — горный.

По характеру водного режима все реки территории относятся к группе рек с половодьем и паводками. Питание ее смешанное с преобладанием снегового (доля стока талых вод в годовом объеме составляет 50–60%). Грунтовое питание устойчивое и составляет 15–20%. Основной фазой водного режима рек района является весеннее половодье [15, 16].

На реках рассматриваемой территории половодье обычно начинается в первой декаде апреля и заканчивается во второй декаде июня. Максимальные расходы весеннего половодья в бассейнах исследуемых рек формируются, как правило, в мае.

В формировании весеннего половодья кроме талых вод принимают участие дождевые и подземные воды. Дата начала половодья в среднем — 14 апреля. Своего пика половодье достигает в среднем 9 мая. Окончание половодья

обычно приходится на 13 июня. В среднем суммарный слой стока за половодье для рек района составляет 500–600 мм. Однако в отдельные годы этот показатель может быть значительно превышен.

Наибольшие расходы половодья обычно формируются при наложении на периоды интенсивного таяния снега, периодов выпадения большого количества жидких осадков, что приводит к формированию смешанного снегодождевого стока, сопровождающегося значительным подъемом уровня воды и выходом ее на пойму с затоплением речных долин. Форма гидрографа половодья имеет преимущественно гребенчатый вид, что обусловлено неравномерностью снеготаяния на равнинной части бассейна и в горах.

Наибольший подъем уровня воды при прохождении половодья в среднем составляет 1,0–1,5 м. На небольших ручьях подъемы уровня воды обычно не превышают 1,0 м.

Для водотоков района исследований характерна непродолжительная летне-осенняя межень (25–30 дней), которая часто имеет прерывистый характер и наблюдается между отдельными паводками. Наименьшие среднемесячные расходы летне-осенней межени наблюдаются в июле — августе. Формирование паводков на реках района возможно в течение всего теплого периода до конца ноября.

По данным наблюдений на гидрологических постах района наибольшие паводочные волны формируются в июле — августе. Величина максимального расхода и слой стока зависят в основном от количества и интенсивности выпадающих осадков, а также от характера подстилающей поверхности (уклона, состава и степени увлажненности грунтов и т.д.). В рассматриваемом районе формируются одни из наибольших дождевых паводков, максимальные модули стока которых достигают 400–1200 л/сек·км².

Сильные дождевые паводки наблюдаются в среднем раз в три — четыре года [8, 16].

Паводки представляют собой хорошо выраженные подъемы воды в виде одно-модальных или сложных пиков, разделенных непродолжительными периодами низких уровней. В отдельные годы паводочные волны следуют одна за другой, накладываясь друг на друга и вызывая разливы по пойме и подъем уровней воды до 4 м, средняя продолжительность паводков составляет 5–10 дней. Период спада обычно в три раза превышает продолжительность подъема паводка. Средняя интенсивность подъема уровня воды может достигать 2–3 м/сутки.

Сравнение максимальных расходов половодья и дождевых паводков на реках района (использовались данные из отчета по особо опасным гидрометеорологическим явлениям, наблюдавшимся в Сахалинской области в период с 2 по 6 августа 1981 г, подготовленного в 1982 г. Сахалинским УГКС), в том числе и на р. Рогатка, показывает превышение паводочных расходов над расходами половодья (табл. 2). Наибольший катастрофический паводок сформировался в августе 1981 г. при прохождении тайфунов «Оджин» и «Филлис».

Для годового хода уровня воды в реках и ручьях района исследований характерны резкие подъемы и спады в периоды весеннего половодья и дождевых паводков.

Режим уровней в это время неустойчив и характеризуется значительными колебаниями. Уровни дождевых паводков в районе превышают уровни весеннего половодья [8, 10, 16].

В течение весенне-осеннего сезона возможно формирование 2–4 паводков и связанной с этим опасности наводнений для территории г. Южно-Сахалинск.

За период с 1947 по 2017 гг. на территории г. Южно-Сахалинск наиболее серьезными наводнениями с затоплением значительной площади города и прилегающих населенных пунктов можно считать следующие: 1947, 1955, 1970, 1972, 1978, 1981, 2003, 2009, 2015 гг. Таким образом, повторяемость наводнений в среднем составляет **1 раз в 7 лет**, что соответствует циклам увлажнения территории о. Сахалин [6, 12].

В бассейне р. Сусуя формирование наводнений возможно в два периода: весенне-раннелетний и летне-осенний.

В весенне-раннелетний период существуют две основные причины наводнений:

а



b



Рис. 1. Карта-схема гидрологического районирования Сахалинской области (а), схема расположения пунктов гидрометеорологических наблюдений (b)

Fig. 1. Map of hydrological zoning of the Sakhalin region (a), the layout of the points of hydrometeorological observations (b)

- снеготаяние;
- наложение на снеготаяние интенсивных дождей.

Как показывают данные наблюдений за гидрологическим режимом, наводнения, вызванные таянием снега, обычно захватывают лишь отдельные участки поймы р. Сусуя. В основном в этот период затоплению подвержена наиболее пониженная западная часть бассейна в районе слияния р.р. Сусуя и Владими-

ровка, отдельные участки поймы р. Маяковского и участки поймы р. Красносельская. Подъем уровней воды во время весеннего снеготаяния на левосторонних притоках р. Сусуя в горной и предгорной части (в частности, р. Еланька, р. Рогатка, водотоки западного склона г. Большевик) практически не приводит к затоплению пойм.

Наводнения, вызванные наложением интенсивных дождей на снеготаяние,

Таблица 2
Table 2

Сравнение параметров максимального стока весеннего половодья и дождевых паводков, наблюдаемых на р. Рогатка в 1981 г. [16]
Comparison of parameters of the maximum flow of the spring flood and rain floods observed on the Rogatka River 1981 [16]

Фаза водного режима	Максимальный суточный расход воды Q , м ³ /с	Максимальный модуль стока, л/с·км ²	Максимальный слой стока, мм
Половодье	2,69	67	306
Паводок	69,3	720	1182

представляют большую опасность, чем талые воды. Наводнения, вызванные наложением осадков на таяние снега, на территории бассейна р. Сусуя достаточно редки, и их повторяемость 1 раз в 30–40 лет.

В летне-осенний период формирования паводков связано с выпадением большого количества осадков при прохождении глубоких циклонов и тайфунов над территорией о. Сахалин. Именно в этом случае происходят значительные подъемы уровня воды на левосторонних притоках р. Сусуя (в частности, р. Еланька, р. Рогатка и водотоки западного склона г. Большевик).

Кроме того, наряду с природными причинами возникновения катастрофических наводнений на исследуемой территории (рельеф района, большое количество выпадающих осадков, закарчеванные русла водотоков) большую роль в формировании наводнений играют антропогенные факторы:

- неконтролируемое строительство в водоохранных зонах и прибрежных защитных полосах;
- наличие большого количества мостовых переходов с разной пропускной способностью;
- наличие бесхозных гидротехнических сооружений;
- несвоевременная расчистка русел водотоков от древесной растительности и бытового мусора;
- отсутствие ливневых канализаций или наличие ливневых канализаций с низкой пропускной способностью, неспособной справиться с максимально возможным объемом дождевого стока;
- вырубка лесов на водосборных бассейнах малых рек исследуемой территории [13, 14].

Методика работ

Главной задачей стало определение максимального стока в периоды половодья и дождевых паводков на исследуемой территории в ее естественном состоянии и после антропогенных преобразований. Расчет проводился по методу Соколовского [9] и формулам, рекомендованным в [16], в «Пособии по определению расчетных гидрологических характеристик»⁵.

Для проведения данного расчета необходимо было определить характеристики исследуемой территории, что было выполнено в три этапа.

Первый этап — наиболее важный и трудоемкий — создание различных карт территории исследуемого участка биатлонной трассы: карта местности, карты с границами естественных и антропогенно измененных водосборов, карты распределения жидких и твердых осадков по территории до и после строительства спортивных объектов. Вся подготовка картографического материала выполнена в программной среде ArcGIS 10.4.1. Карты созданы на основе топографической карты территории масштаба 1:5000, данных маршрутной съемки, проведенной летом 2018 года, и спутниковых снимков (программа SAS.Planet).

На основе подготовленного материала были выделены границы водосборов, существовавших на данном участке до 2016–2017 гг. и возникших в 2017 г. после создания биатлонных трасс. Водосборы, существовавшие до 2016–2017 гг., были выделены на основе формы оцифрованных горизонталей топокарты и присутствующих на ней водотоков. Это не самый точный, однако, в данном случае, единственный способ их выделения. Иные способы для решения этой задачи оказались неприменимы: картирование водотоков и их водосборов на склоне г. Плоская ранее не проводилось, к настоящему моменту территория сильно изменена и организовать натурную съемку не представляется возможным; применение цифровой модели рельефа также невозможно из-за низкого разрешения

последней — исследуемые водотоки слишком малы.

Границы водосборов на современном ландшафте были уточнены согласно схеме направлений течений и контуров водосборных территорий, полученной при визуальной маршрутной съемке. В качестве замыкающих створов были приняты выводящие воду с территории трубы и лотки; эти же точки рассматривались как замыкающие створы при определении границ естественных водосборов.

Вторым этапом стало определение максимального расчетного количества твердых (Хср.тв., мм) и жидких осадков (Хср.ж., мм), выпадающих на территориях рассматриваемых водосборов.

С повышением абсолютной высоты в горах увеличивается количество выпадающих осадков в соответствии с высотными градиентами. Для данной территории градиент для обоих типов осадков составляет 20 мм на 100 м. Данные о распределении жидких и твердых осадков по высоте были рассчитаны с использованием методики, приведенной в [12], разработанной с использованием данных, опубликованных в «Материалах наблюдений за осадками и снежным покровом в горах»².

С помощью программ ArcGIS 10.4.1 и Excel, исходя из того, какая часть площади водосбора попадает в ту или иную высотную зону с соответствующим ей суточным максимумом осадков, были определены слои осадков для каждого из выделенных водосборов вычислением средневзвешенного значения.

Заключительный этап — определение характеристик водосборов. Они были рассчитаны по стандартным методикам, приведенным в [10] и в СП-33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик».

Морфометрические характеристики — площади водосборов (F , км²) и длины ливневой канализации (L_k , км) и посто-

⁵ Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик, 1984. Гидрометеониздат, Ленинград, с. 44–67.

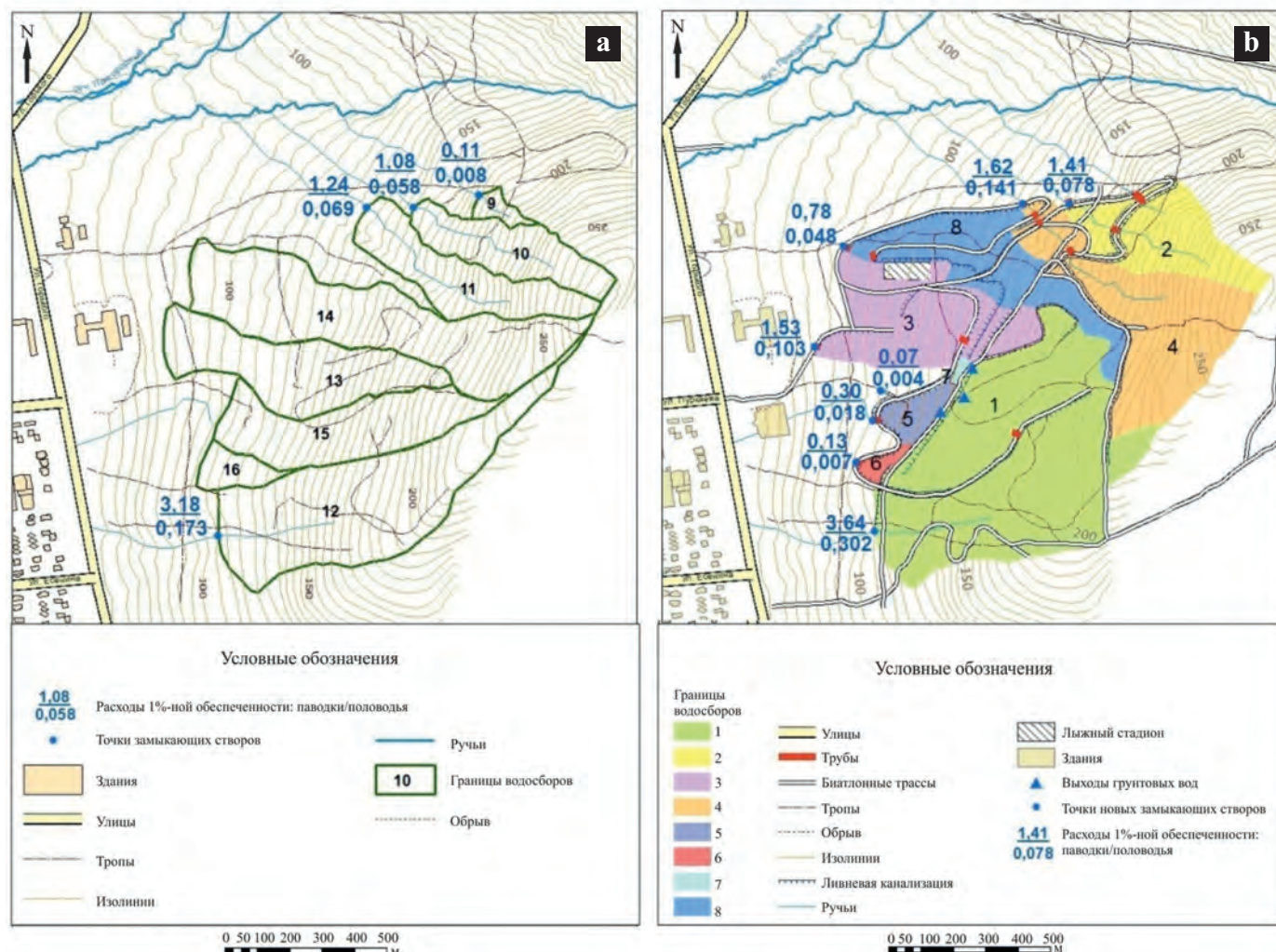


Рис. 2. Карта водосборов, существовавших до 2017 г. (а), карта водосборов, образовавшихся после 2017 г. (б). Масштаб 1:10 000

Fig. 2. The map of catchments that existed until 2017 (a), the map of catchments formed after 2017 (b). Map scale 1:10 000

янных водотоков (Лп.в., км) — определены с помощью программы ArcGIS 10.4.1. Определенные характеристики использовались далее при расчетах максимального поверхностного стока. Уклоны водотоков (i , %) и средняя высота водосборов над уровнем моря были найдены как средневзвешенные значения уклонов водотоков и высот водосборов соответственно. Заболоченность и заозеренность для водосборов на данном участке не определялись в виду отсутствия озер и болот. Дополнительно найдена густота русловой сети (D , км/км²), что рекомендовано «для водотоков малых рек (площадью $F < 200$ км²)»⁵. Также были определены площади покрытия территории лесом после строительства биатлонных трасс, рассчитаны их отношения к общей площади водосбора (Глесн., км²).

Наконец, были определены максимальный сток в периоды половодья и дождевых паводков.

Максимальный сток воды дождевых паводков (Q_p , м³/с) для неизученных

рек при отсутствии реки-аналога рассчитывался по формуле предельной интенсивности стока⁵:

$$Q_{p\%} = (A_{1\%} \varphi H_{1\%} \delta \lambda_{1\%}) F, \quad (1)$$

где $A_{1\%}$ — максимальный модуль стока вероятностью превышения $q_{1\%}$, выраженный в долях от произведения $\varphi H_{1\%}$; φ — сборный коэффициент стока; $H_{1\%}$ — максимальный модуль стока вероятностью превышения 1%; δ — коэффициент, учитывающий регулирование стока проточными озерами и болотами; $\lambda_{1\%}$ — переходный коэффициент от максимальных расходов 1% вероятности к расходам воды другой вероятности превышения; F — площадь водосбора.

Из-за строительства ливневой канализации, которая представляет собой сеть бетонных русел, на территории была значительно изменена русловая сеть. Это привело к изменению русловой скорости (V_p , м/мин) и руслового (Тр, мин) и бассейнового времени

(Тб, мин) добегаания. Их расчет выполнен по рекомендованным в монографии [16] формулам, учитывающим изменение длин и средневзвешенных уклонов водотоков:

$$T_p = (1000 L)/v \quad (2)$$

$$T_6 = K T_p \quad (3)$$

$$v_p = \alpha J^{1/3} Q_{1\%}^{1/4}, \quad (4)$$

где v — средняя русловая скорость (м/мин); α — параметр; L — длина водотока (км); J — средневзвешенный уклон водотока (%); $Q_{1\%}$ — максимальный расчетный расход 1% обеспеченности (м³/с); K — региональный коэффициент.

В качестве русел постоянных водотоков рассматривались ручьи, а также система ливневой канализации.

Объем паводочного стока (W , м³/с) с территории был определен по методу Соколовского [9]:

Таблица 3
Table 3Гидрографические и морфометрические характеристики водосборов
Hydrographic and morphometric characteristics of watersheds

Водосбор, №	F, км ²	L _{п.в.} , км	L _{к.} , км	X _{ср.ж.} , мм	X _{ср.тв.} , мм	i, ‰	F _{лес.} , %	D, км/км ²
1	0,3	0,156	1,607	164	424	105,235	70,2	20,70
2	0,07	0,473	0,507	176	431	190,851	80,2	18,66
3	0,10	-*	0,968	156	414	79,224	48,6	24,97
4	0,13	0,467	0,856	177	434	32,692	91,6	18,43
5	0,02	-*	0,179	159	420	85,044	42,7	26,64
6	0,01	-*	0,196	159	420	92,667	44,1	58,17
7	0,004	-*	0,239	159	420	111,111	3,2	108,25
8	0,09	-*	1,362	161	418	107,498	60,9	33,88
9	0,01	0,990	0	173	424	288,231	100	133,78
10	0,05	0,374	0	178	431	204,272	100	6,87
11	0,06	0,467	0	174	414	25,939	100	7,21
12	0,17	0,156	0	169	434	18,944	100	0,93
13	0,11	-*	0	159	420	-*	100	-*
14	0,27	-*	0	167	420	-*	100	-*
15	0,16	-*	0	165	420	-*	100	-*
16	0,16	-*	0	149	418	-*	100	-*

Примечание: * — постоянный водоток на водосборе отсутствует; F, км² — площадь водосбора; L_{п.в.}, км — длина постоянного водотока; L_{к.}, км — длина ливневой канализации; X_{ср.ж.}, мм — средневзвешенное количество жидких осадков; X_{ср.тв.}, мм — средневзвешенное количество твердых осадков; i, ‰ — средний уклон водотоков; F_{лес.}, % — площадь леса в % к общей площади водосбора; D, км/км² — густота русловой сети.

$$W = 10^3 H \alpha F, \quad (5)$$

где H — слой осадков (мм); α — коэффициент объемного стока; F — площадь водосбора (км²); W — объем паводка (м³).

Расчет максимальных 1% расходов половодья различной обеспеченности (Q1%, м³/с) выполнен в двух вариантах.

Формула, рекомендованная в [16] для неизученных рек при отсутствии реки-аналога (далее — «формула 1»):

$$Q_{p\%} = ((K_0 h_{1\%}) / ((F+1)^{0.20}) F) / 1000, \quad (6)$$

где K₀ — параметр, характеризующий дружность половодья; h_{1%} — слой стока 1% обеспеченности (мм); F — площадь водосбора (м²); Q_{p%} — половодный расход 1% обеспеченности (м³/с).

Формуле, указанной в «Пособии ...»⁵ для горных рек с весенне-летним половодьем, в том числе для о. Сахалин (далее — «формула 2»):

$$Q_{p\%} = K_0 \delta h_{p\%} \mu (F/(F+1)^n), \quad (7)$$

где Q_{p%} — половодный расход 1% обеспеченности (м³/с); K₀ — параметр, характеризующий дружность половодья; h_{p%} — слой стока p% обеспеченности (мм);

F — площадь водосбора (м²); n — параметр; μ — коэффициент; δ — параметр.

Они имеют аналогичный вид, однако в формуле из «Пособия ...»⁵ используется дополнительный коэффициент, «учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды»¹.

Результаты и обсуждение

Вследствие преобразования рельефа и создания на рассматриваемом участке ливневой канализации изменились направления стока. Из-за этого произошло переформирование границ водосборов (рис. 2), что привело к изменению их гидрографических и морфометрических характеристик (табл. 3). Наибольшее влияние было оказано на рельеф, залесенность и русловую сеть территории. Это изменило способность территории к задержанию стока, что в свою очередь повлияло на время добегания воды.

Оценка современного количества безлесных пространств (трассы, стадион, строительная площадка) проводилась по спутниковому снимку с помощью программы ArcGIS 10.4.1. Исследования показали, что около 70%

(0,5 км²) площади территории занято лесом и лишь 30% (0,2 км²) его лишены растительного покрова.

Вдоль биатлонных трасс проложена ливневая канализация. Ее общая протяженность составляет 5,91 км. Предполагалось, что вода будет поступать в ливневую канализацию, собираться в колодцы, перебрасываться под дорогами по трубам, и в итоге выводиться с территории биатлонной трассы. Однако в реальности дело обстоит несколько иначе: не вся вода попадает в приготовленные для нее бетонные русла. Зачастую она просто обтекает их. Так на рис. 3 видно, что, казалось бы, уверенно текущий к лотку поток на самом деле течет вдоль него.

По нашим наблюдениям, в период отсутствия ливневых или затяжных дождей и, тем более, во время отсутствия осадков большая часть канализации остается сухой. В это время сложно оценить роль канализации в изменении направления и перераспределении стока. Однако в периоды прохождения паводков и половодий видно, что наличие ливневой канализации на территории начинает оказывать на него весьма существенное влияние. Это позволяет считать ее новой ант-

ропогенно созданной русловой сетью на данной территории.

Некоторые участки находятся в неудовлетворительном состоянии: сквозь бетонные стенки просачиваются грунтовые воды; происходит размыв трасс из-за действия постоянных водотоков, незаведенных должным образом в ливневую канализацию (рис. 4). Проблемой также является отсутствие организованного водоотведения с территории.

За счет создания искусственных русел, общая протяженность и густота сети водотоков на территории увеличилась с 1,99 км до 7,01 км (см. табл. 3). При этом длина ручьев уменьшилась на 0,89 км за счет их частичного заведения в лотки и трубы. Из-за преобразования рельефа территории увеличились и средние уклоны водотоков. Соответственно, возросла скорость потоков, уменьшилось время добегания, что ведет к увеличению стока.

Общее количество твердых и жидких осадков, выпадающих на территории, не изменилось. Однако изменилось их перераспределение по водосборам. Наибольшее количество как до, так и после 2016–2017 гг., приходится на водосборы, расположенные выше и обладающие наибольшей площадью. В случае распределения как жидких, так и твердых осадков, это водосборы № 2, 4, 9–11.

По стандартным упомянутым выше методикам нами были рассчитаны максимальные паводковые и половодные 1% расходы, русловое и бассейновое время добегания, русловая скорость, объем и слой стока половодья (табл. 4). Исходя из особенностей формул, проведение расчетов возможно только для водосборов, имеющих постоянную русловую сеть, в данном случае — постоянные водотоки и ливневую канализацию. Соответственно, для водосборов № 13–16 расчет выполнен не был. Объем и слой половодного стока определены для всех водосборов — формулы позволяют рассчитать данные характеристики для водосборов без учета наличия на них русловой сети.

Для удобства сравнения полученных результатов введена нумерация ручьев: водоток на водосборе № 9 — ручей 1; на водосборе № 10 — ручей 2; на водосборе № 11 — ручей 3; на водосборе № 12 — ручей 4.

Максимальные паводочные расходы 1% обеспеченности, рассчитанные без учета влияния залесенности, после преобразования территории увеличились. Так, для ручьев 1 и 2 суммарное увеличение составило 0,22 м³/с; для ручья 3 —



Рис. 3. Поток, обтекающий ливневую канализацию: а — лето 2018 г., б — осень 2018 г.

Fig. 3. Stream flowing around the storm sewer: a — summer 2018, b — autumn 2018



Рис. 4. Подмыв линевого колодца и размыв биатлонной трассы (осень 2018 г.) (а); просачивание воды сквозь бетонные стенки ливневой канализации (лето 2018 г.) (б)

Fig. 4. Undermining of the storm well and erosion of the biathlon track (autumn 2018) (a); water infiltration through the concrete walls of the storm sewer (summer 2018) (b)

0,38 м³/с; для ручья 4 — 0,46 м³/с. Таким образом, суммарная разница составляет 1,06 м³/с. Это произошло из-за увеличения площади водосборов ручьев 3 и 4 на 0,069 и 0,132 км² соответственно, а также объединения водосборов ручьев 1 и 2 в один общий водосбор (рис. 5).

На рассматриваемой территории существует еще четыре водосбора, которых до сооружения ливневой канализации не существовало. На их месте отсутствовали водотоки как таковые. После создания ливневой канализации появилась система русел. Общий расход составляет 3,2 м³/с.

Таким образом, на рассматриваемой территории нового биатлонного участка произошло увеличение паводочных расходов воды.

При сравнении рассчитанных значений руслового и бассейнового времени добегания и русловой скорости для пар водосборов № 1 и № 12, № 4 и № 11, № 2 и № 9–10 видно, что для первой и второй пары (1–12 и 4–11) русловое

и бассейновое время добегания увеличилось почти в 2,5 раза, а для № 2 — № 9–10 — несколько уменьшилось. Скорости движения воды на всех водосборах возросли почти в 2 раза. Это связано с преобразованием русловой сети.

Показано сравнение паводочного объема стока для водосборов территории до и после 2016–2017 гг. Суммарный объем стока составил 85 133 м³ для антропогенно преобразованных водосборов и 75 561 м³ для естественных. Таким образом, объем паводка также увеличился — на 9572 м³, т.е. на 13%.

Значения 1% максимальных половодных расходов, полученные по «формуле 1», выше, чем значения расходов, рассчитанные по «формуле 2». Различие составляет около 20%. Сравним расходы для водосборов ручьев 1–4. Для ручьев 1 и 2 (водосборы 2 и 9, 10) расход увеличился с 0,7 до 0,8 м³/с; для ручья 3 (водосборы 4 и 11) и ручья 4 (водосборы 1 и 12) расходы увеличились в 2 раза. Таким образом, расчет, произведенный

Таблица 4

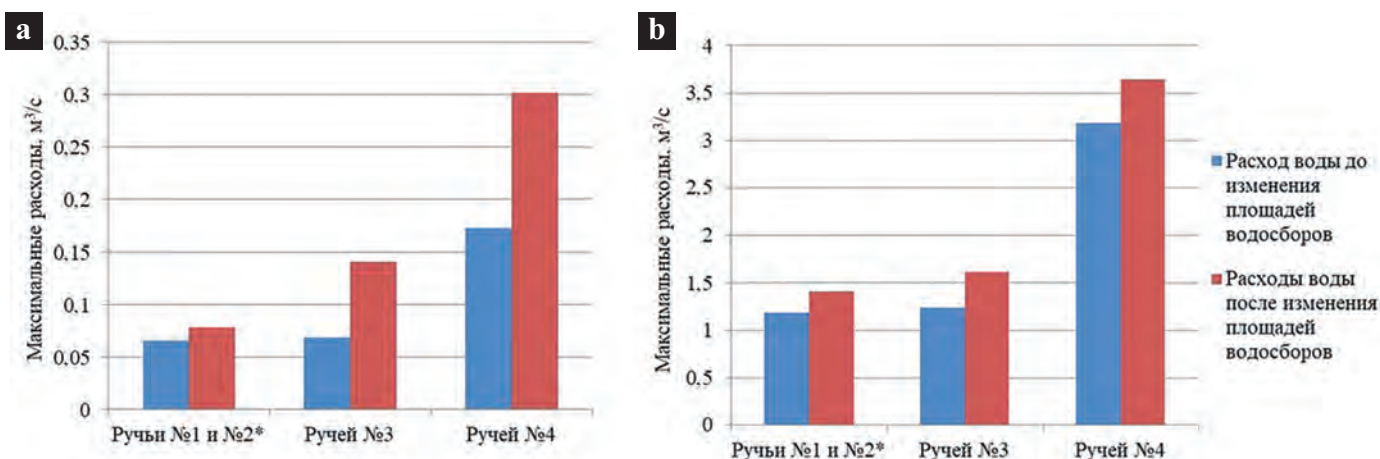
Table 4

Сводная таблица рассчитанных характеристик

Summary table of calculated characteristics

Водосбор №	Паводочный сток				Половодный сток	
	$Q_{1\%}$, м ³ /с	T_p , мин	T_b , мин	V_p , м/мин	$Q_{1\%}$, м ³ /с по формуле (6)	$Q_{1\%}$, м ³ /с по формуле (7)
1	3,64	34,96	52,44	58,69	0,302	0,245
2	1,41	17,36	26,03	56,46	0,078	0,063
3	1,53	22,52	33,77	42,99	0,103	0,083
4	1,62	40,75	61,12	32,47	0,141	0,114
5	0,3	6,11	9,17	29,29	0,018	0,014
6	0,13	8,01	12,02	24,45	0,007	0,006
7	0,07	10,74	16,11	22,25	0,004	0,003
8	1,17	30,60	45,90	44,51	0,091	0,073
9	0,11	28,92	43,37	34,24	0,008	0,006
10	1,08	6,92	10,38	54,03	0,058	0,046
11	1,24	16,61	24,92	28,11	0,069	0,056
12	3,18	4,87	7,30	32,04	0,173	0,140

Примечание: $Q_{1\%}$, м³/с — максимальный расход 1%-обеспеченности; T_p , мин — русловое время добега; T_b , мин — бассейновое время добега; V_p , м/мин — русловая скорость; W , м³ — объем стока.



Примечание: *Водосборы ручьев 1 и 2 были объединены вследствие создания ливневой канализации и в настоящее время представляют один водоток. Для возможности сравнения стока с данной территории расход за период до изменения площадей водосборов принимается равным сумме расходов ручьев №1 и №2

Рис. 5. Максимальные половодные (а) и паводочные (б) расходы воды до и после преобразования границ водосборов

Fig. 5. The maximum water discharges of floods (a) and rain floods (b) before and after transformation of the watersheds boundaries

по обеим формулам, показал, что количество воды, стекающей с территории в период половодья, также увеличилось.

Заключение

Проведенные расчеты наглядно демонстрируют, что максимальный поверхностный сток после строительства биатлонного комплекса на западном склоне г. Плоская увеличился. Увеличились паводковые расходы воды; также возросли паводковые слой и объем стока на 226 мм и 9572 м³ соответственно. Кроме того, почти в 2 раза увеличились

скорости движения воды, однако время руслового и бассейнового добега при этом также увеличилось. Половодные расходы возросли почти в 2 раза.

Таким образом, на территорию г. Южно-Сахалинск на этом участке в период максимального стока приходит гораздо большее количество поверхностного стока, чем до строительства биатлонного комплекса. Система ливневой канализации не рассчитана на такой объем воды, что приводит к ее переполнению, выходу воды на дневную поверхность. Зачастую при невозможности вместить весь дож-

девой сток часть отводимой воды вымывает грунты обратной засыпки в траншее, где проложена ливневая канализация, и формирует канал стока между стенкой трубы ливневого коллектора и стенкой траншеи. Это приводит к активизации экзогенных геологических процессов в пределах городской территории: эрозии, суффозии, оползням.

Сочетание этих факторов ведет к подмыву фундаментов зданий и сооружений, промоинам и провалам в дорожном покрытии улиц, деформации систем ливневой канализации. 

Список литературы

1. Атлас Сахалинской области, 1967. Главное управление геодезии и картографии при совете Министров СССР. Москва.
2. Белоногова Н.А., Виноградов А.Ю., Казаков Н.А., Генсировский Ю.В., Кузьмин Н.А., Минаев А.Н., Никифоровский А.А., Салминен Э.О., 2016. Новый подход к оценке гидрологических проектных ограничений при инженерных изысканиях на малых лесных водотоках. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, Вып. 216, с. 124–133, <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2016.216.123-134>.
3. Бекасов М.А., Айбулатов Д.Н., 2018. Определение максимальных расходов воды дождевых паводков малых рек на антропогенно измененных территориях на примере Новой Москвы. Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии, Сборник докладов Международной научной конференции памяти выдающегося русского гидролога Ю.Б. Виноградова, Санкт-Петербург, 2018, с. 855–858.
4. Гарцман И.Н., Рябчикова Т.Н., 1972. Распределение элементов водного баланса по территории о. Сахалин. Труды ДВНИИГМИ, Вып. 39, с. 23–34.
5. Генсировский Ю.В., Казаков Н.А., Боброва Д.А., Казакова Е.Н., Музыченко А.А., Рыбальченко С.В., Жируев С.П., Павлов В.С., Музыченко Л.Е., Виноградов А.Ю., Кучмин А.В., 2018. Разработка схем планировочных ограничений к генеральным планам населенных пунктов как мероприятия по снижению ущерба от наводнений (на примере юга о. Сахалин). Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии, Сборник докладов Международной научной конференции памяти выдающегося русского гидролога Ю.Б. Виноградова, Санкт-Петербург, 2018, с. 874–879.
6. Генсировский Ю.В., Казаков Н.А., 2009. Активизация экзогенных геологических процессов на Южном Сахалине 22–24 июня 2009 г. Геориск, № 2, с. 56–60.
7. Генсировский Ю.В., Казаков Н.А., 2017. Снег как фактор, обуславливающий возникновение опасных природных процессов, влияющих на функционирование горнолыжных курортов, и риски для территорий населенных пунктов, находящихся в непосредственной близости от курортов (на примере строительства СТК «Горный воздух», о. Сахалин). Физика, химия и механика снега, Сборник трудов III Международного симпозиума, Южно-Сахалинск, 2017, Ч. II, с. 102–107.
8. Генсировский Ю.В., Казаков Н.А., 2015. Условия формирования экстремальных паводков в бассейнах рек низкогогорья (на примере о. Сахалин). Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска, Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, Южно-Сахалинск, 2015, Том 2, с. 302–306.
9. Горошков И.Ф., 1979. Гидрологические расчеты. Гидрометеиздат, Ленинград. с. 352–358.
10. Жукова З.И., 1986. Особенности пространственного распределения суточного слоя осадков в Южных районах Сахалина. Труды ДВНИИГМИ, Вып. 126, с. 18–23.
11. Земцова А.И., 1968. Климат Сахалина. Гидрометеиздат, Ленинград.
12. Казаков Н.А., Генсировский Ю.В., 2007. Влияние вертикального градиента осадков на характеристики гидрологических, лавинных и селевых процессов в низкогорье. Геоэкология, № 4, с. 342–347.
13. Клинецов А.П., 1964. О поверхностном стоке в горных условиях Сахалина. Известия вузов. Лесной журнал, № 4, с. 156–159.
14. Клинецов А.П., 1973. Микроклиматическая и гидрологическая роль лесов Сахалина. Южно-Сахалинск.
15. Онищенко Н.И., 1987. Водные ресурсы Сахалина и их изменение под влиянием хозяйственной деятельности. ТИГ ДВО АН СССР, Владивосток, с. 15–17.
16. Ресурсы поверхностных вод СССР, 1973. Том 18, Дальний Восток, Вып. 4, Сахалин и Курилы. Гидрометеиздат, Ленинград.

References

1. Atlas of the Sakhalin Region, 1967. Main Department of Geodesy and Cartography at the Council of Ministers of the USSR. Moscow. (in Russian)
2. Belonogova N.A., Vinogradov A.Ju., Gensirovskij Ju.A., Kazakov N.A., Kuz'min N.A., Minaev A.N., Nikiforovskij A.A., Salminen Je.O., 2016. The new approach to the assessment of hydrological design limits in engineering prospecting of the forest zone. News of the Saint-Petersburg State Forest Technical Academy, Issue 216, pp. 123–134, <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2016.216.123-134>. (in Russian)
3. Bekasov M.A., Aibulatov D.N., 2018. Determining of the maximum rainfall discharges in the small rivers on the anthropogenic changed territories for New Moscow region. Third Vinogradov's Conference. Facets of Hydrology, Proceedings of the International Scientific Conference in memory of outstanding Russian hydrologist Yuri Vinogradov, Saint-Petersburg, 2018, pp. 855–858. (in Russian)
4. Gartsman I.N., Ryabchikova T.N., 1972. Distribution of the elements of water balance in the territory of Sakhalin Island. Proceedings of the Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute, Issue 39, pp. 23–34. (in Russian)
5. Gensirovsky Yu.V., Kazakov N.A., Bobrova D.A., Kazakova E.N., Muzychenko A.A., Rybalchenko S.V., Zhiruev S.P., Pavlov V.S., Muzychenko L.Ye., Vinogradov A.Yu., Kuchmin A.V., 2018. Development of schemes of planning restrictions to the general plans of settlements as an action to reduce flood damage (using the example of the south of Sakhalin Island). Third Vinogradov's Conference. Facets of Hydrology, Proceedings of the International Scientific Conference in memory of outstanding Russian hydrologist Yuri Vinogradov, Saint-Petersburg, 2018, pp. 874–879. (in Russian)

6. Gensiorovsky Yu.V., Kazakov N.A., 2009. Activation of exogenous geological processes in South Sakhalin on June 22–24, 2009. *Georisk*, No. 2, pp. 56–60. (in Russian)
7. Gensiorovskiy Yu.V., Kazakov N.A., 2017. Snow as a factor causing the occurrence of dangerous natural processes affect the functioning of ski resorts and risks for territories populated checkpoints located in the immediate vicinity of the resorts for example, construction STK "Gornyy Vozdukh (mountain air)", Sakhalin Island. Proceedings of the III International Symposium "Physics, Chemistry and Mechanics of Snow", Yuzhno-Sakhalinsk, 2017, Part II, pp. 102–107. (in Russian)
8. Gensiorovsky Yu.V., Kazakov N.A., 2015. Conditions for the formation of extreme floods in the basins of low-lying rivers (using the example of Sakhalin). *Geodynamic processes and natural disasters. Neftegorsk Experience, Materials of the All-Russian Scientific Conference with International Participation*, Yuzhno-Sakhalinsk, 2015, Vol. 2, pp. 302–306. (in Russian)
9. Goroshkov I.F., 1979. Hydrological calculations. *Gidrometeoizdat*, Leningrad. pp. 352–358. (in Russian)
10. Zhukova Z.I., 1986. Features of the spatial distribution of daily precipitation in the southern areas of Sakhalin. *Proceedings of the Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute*, Issue 126, pp. 18–23. (in Russian)
11. Zemtsova A.I., 1968. The climate of Sakhalin. *Gidrometeoizdat*, Leningrad. (in Russian)
12. Kazakov N.A., Gensiorovsky Yu.V., 2007. Influence of the vertical precipitation gradient on the characteristics of hydrological, avalanche and mudflow processes in the lowlands. *Environmental Geoscience*, No. 4, pp. 342–347. (in Russian)
13. Klintsov A.P., 1964. On surface runoff in the mountain conditions of Sakhalin. *The Bulletin of Higher Educational Institutions. Forestry Journal*, No. 4, pp. 156–159. (in Russian)
14. Klintsov A.P., 1973. Microclimatic and hydrological role of Sakhalin forests. *Yuzhno-Sakhalinsk*. (in Russian)
15. Onishchenko N.I., 1987. Water resources of Sakhalin and their change under the influence of economic activity. *Pacific Geographical Institute, Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok*, pp. 15–17. (in Russian)
16. *Surface Water Resources of the USSR*, 1973. Vol. 18, Far East, Issue 4, Sakhalin and Kuriles. *Gidrometeoizdat*, Leningrad. (in Russian)

Информация об авторах

КУЗНЕЦОВА МАРИЯ РУСЛАНОВНА

Студент кафедры гидрологии суши Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург, Россия

ПАШОВКИНА АНАСТАСИЯ АНДРЕЕВНА

Студент кафедры гидрологии суши Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург, Россия

ГЕНСИОРОВСКИЙ ЮРИЙ ВИТАЛЬЕВИЧ

Руководитель лаборатории лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института ДВО РАН, к.г.-м.н., г. Владивосток, Россия

Information about the authors

MARIA R. KUZNETSOVA

Student of the Department of Land Hydrology, Institute of Earth Science, Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

ANASTASIA A. PASHOVKINA

Student of the Department of Land Hydrology, Institute of Earth Science, Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

YURIY V. GENSIOROVSKIY

Head of the Laboratory of Avalanche and Mudflow Processes Research, Far East Geological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, PhD (Candidate of Science in Geology and Mineralogy), Vladivostok, Russia



Фото А.А. Пашовкиной