

УДК:556.51+504

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛИВНЕВОГО СТОКА  
В БАССЕЙНЕ САРДОБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА****С.В. МЯГКОВ<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Sergik1961@yahoo.com

**Аннотация.** В связи с изменением климата во всем мире наблюдается рост числа экстремальных явлений погоды. Количество ливневых осадков в мире возросло на 40%. Ливневые осадки часто приводят к возникновению наводнений, приводящих к социальному и экономическому ущербу подверженных территорий. В работе изложена математическая модель формирования склонового стока в результате выпадения ливневых осадков в бассейне реки. Разработан метод расчета экстремального расхода воды в замыкающем створе, основанный на разностной схеме Эйлера для обыкновенных дифференциальных уравнений. Численные эксперименты произведены в водосборной части Сардобинского водохранилища, на котором 1-го мая 2020 года произошло разрушение тела плотины северо-восточной части плотины. В статье исследованы основные моменты: ливневые осадки имеют большую энергию, чем обычный дождь; ливневые осадки вовлекают в поток частицы почвы, увеличивая скорость потока; математическая модель формирования ливневого стока позволяет рассчитать экстремальный поток в створе бассейна реки; расчетный метод может использоваться при проектировании водохранилищ.

**Ключевые слова:** ливень, наводнение, склоновый сток, математическое моделирование, гидрологические расчеты, водосбор, бассейн реки.

**Введение.** В докладе ЮНЕСКО [UNESCO, 2020] «Water and Climate Change – 2020» отмечается, что изменение климата проявляется, в частности, в увеличении частоты и масштабов таких экстремальных явлений, как периоды аномальной жары, небывало сильные дожди, грозы и штормовые нагоны.

В работе [Куксина и др., 2017] пишут, что внезапные кратковременные бурные паводки одно из наиболее распространенных и опасных природных явлений на планете, характеризующееся высокой скоростью развития и небольшой продолжительностью. Такие паводки чаще всего происходят в регионах с умеренным и субтропическим климатом. Их изучение находится на начальном этапе, на данный момент у исследователей нет единого мнения, что именно считать внезапным паводком, во многих странах отсутствует и сам специальный термин для их обозначения. Определено, что ключевые условия формирования внезапных паводков - интенсивные ливни небольшой продолжительности, приуроченность бассейна реки к горным регионам и малая площадь водосбора.

Как указывается в работе [Khikmatov et al., 2020] в связи с изменением климата маловодные и засушливые годы будут наблюдаться чаще. В работе [Guniya et al., 2010] рассматриваются изменения атмосферных процессов, которые приводят к возникновению ливневых осадков в результате изменения климатических характеристик над территорией Центральной Азии, в том числе и над Узбекистаном.

Ливневые осадки обладают некоторыми особенностями, которые проявляются в возникновении более скоростных потоков, чем при обычном дожде или снеготаянии. Интенсивность ливня, то есть количество воды за единицу времени, приводит к тому, что некоторое количество воды не просачивается в почву, а включается в склоновый поток. Так же скорость склонового потока увеличивается в связи с более высоким количеством поступающей воды.

В работе [Marchi et al., 2010] пишут, что условия предшествующего насыщения почвы оказывают значительное влияние на коэффициенты стока, показывая влияние исходного уровня влажности почвы даже на экстремальные паводки и подчеркивая важность учета влажности почвы для оперативного прогнозирования паводков.

В работе [Rostam Afshar, 2014] утверждается, что существует настоятельная необходимость пересмотреть имеющиеся знания о поведении осадков в качестве последствий изменения климата с намерением, чтобы государство могло в полной мере использовать благоприятные условия и принимать научно обоснованные решения в будущем.

Ливневые осадки на водосборной территории речного бассейна приводят к тому, что в склоновые потоки вовлекаются частицы почвы приводящие к повышению скорости самого потока в результате гравитационного воздействия на частицы почвы с более плотной массой, чем вода.

Предлагаемая математическая модель позволит проводить расчеты объемов воды образующихся на водосборной площади и поступающих на подверженные затоплению территории в нижней части речного бассейна или притока к гидротехническим сооружениям. Что позволит при угрозе выпадения ливневых осадков применить превентивные меры для снижения риска разрушительных последствий экстремальных явлений.

Целью работы является представить математическую модель формирования ливневого стока в бассейне реки для обоснования гипотезы возникновения экстремальных гидрологических явлений. В задачи работы входит предложить расчетную схему реализации модели для практического применения в проектных решениях при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений и разработке превентивных мер для снижения риска затоплений территорий и принятия мер по ликвидации последствий наводнений. Применение моделирования ливневого склонового стока позволит проводить научно обоснованные мероприятия по предотвращению или снижению угрозы наводнений и затоплений.

**Объект исследования.** Для численных экспериментов выбран водосборный бассейн Сардобинского водохранилища (рис. 1). Сардобинское водохранилище расположено в водосборном бассейне реки Зааминсу.

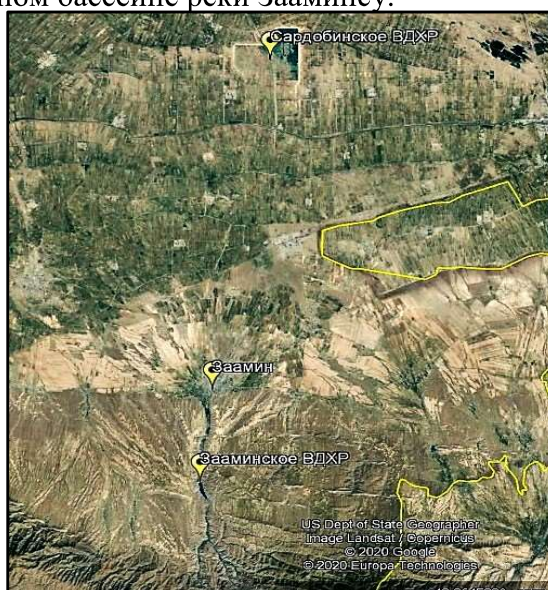


Рис.1. Водосборный бассейн Сардобинского водохранилища

Fig. 1. Drainage basin of the Sardoba reservoir

Зааминсу вторая по величине река Джизакского оазиса. Она образуется от слияния рек и саев Кашкасу, Кульсу, Кзылмазар, Гальдраут, Усмани, Урикли, Еттикечув, стекающих с северных склонов Туркестанского хребта. Длина реки – 58 км, площадь водосбора 704 км<sup>2</sup>, средний многолетний расход воды - 1,83 м<sup>3</sup>/с (близ кишлака Дугаба). По характеру питания, Зааминсу относится к снегово-дождевому типу. Половодье отмечается с апреля по август месяцы. В районе предгорного поселка Заамин, воды Зааминсу полностью разбираются на орошение (Рис.2.)

Приблизительно 60 - 65% стока приходится на период половодья, которое длится с апреля по июль-август. Самый многоводный месяц — июнь, когда средний расход возрастает до 4,56 м<sup>3</sup>/с. Наибольший расход наблюдался 28 мая 1969 года - 16,8 м<sup>3</sup>/с. В низкогорной части водосбора возможны паводки в ноябре-декабре, которые вызываются прохождениями дождей, сопровождающимися таянием снега.

Зааминсу слагается водотоками северных склонов Туркестанского хребта, берущими начало на высоте около 2500 м: Еттикечув, Урюклы, Гальдраут и другими саями. В бассейне имеются снежники. Река, в целом, ориентирована, в северном направлении. Вплоть до кишлака Дуаба она носит название Еттикечув (Етткичу, Еттикечув, Yettikechuv/Еттикечув).



**Рис.2. Водосборный бассейн реки Зааминсу и прилегающих территорий**

**Fig. 2. Drainage basin of the Zaaminsu River and adjacent territories**

Далее, до окрестностей города Заamina, именуется Санганаксай (узб. Sanganaksoy/Санганаксой). Ниже кишлака Дуаба на реке построено Зааминское водохранилище, вдоль её берегов пролегает автодорога Р-40. В районе Заamina разбивается на рукава и арыки, протекая по территории города. Ниже продолжается в качестве сухого оврага в северо-восточном направлении, который слепо оканчивается в 3 км западнее кишлака Куштамгали, не доходя до железной дороги Джизак - Хаваст.

Хозяйственное использование: река Зааминсу обеспечивает водоснабжение города Заamina, кишлаков Дуаба, Еттикечу, Кушчи и других. Кроме того, воды реки используются на орошение.

Зааминское водохранилище расположено в Джизакской области, источник поступления воды - река Зааминсу, тип водохранилища – русловое, назначение – ирригация, год ввода в эксплуатацию - 1987, НПУ - 917,0 м, полный объем 51,0 млн. м<sup>3</sup>, полезный объем 30,0 млн. м<sup>3</sup>, мертвый объем 20,0 млн. м<sup>3</sup>, площадь зеркала 14,0 км<sup>2</sup>, длина 3,24 км, ширина 0,78 км, максимальная глубина 73,0 м, тип плотины - земляная с экраном и ядром, высота 73,5 м, длина 408 м).

По рельефу местности видно, что большая часть осадков приходится на окружающие территории и не попадает в долину Зааминсу. Поверхностный склоновый сток поступает в долину Джизакской области в виде временных водотоков, пересыхающих в период отсутствия осадков и талых снеговых вод. Формирующийся склоновый сток приходится на боковые северные террасы Туркестанского хребта и его ответвлением хребта Мальгузар, включая конус выноса реки Зааминсу.

Прорыв Сардобинского водохранилища произошел 1 мая 2020 года, в результате чего был нанесен значительный материальный, экономический, экологический и социальный ущерб. Накануне 29-го и 30-го апреля на территории Джизакской и Сырдарьинской областей наблюдались ливневые осадки, временами достигавшие интенсивности 3-5 мм за три часа.

В результате чего почва на больших территориях водосборного бассейна была насыщена влагой. Поток воды от прорыва плотины поступил на почво-грунты, насыщенные водой. Это обстоятельство препятствовало фильтрации прорывной воды в грунт и поток не снизил своего напора на фильтрацию и наводнение приняло более угрожающие размеры, наводнение было с масштабом большим, чем того можно было ожидать в сравнении с сухой почвой. При отсутствии осадков накануне прорыва, часть потока могла быть потрачена на фильтрацию и уровень наводнения мог быть ниже.

**Математическая модель формирования ливневого склонового стока.** Для представления некоторой территории с интересующими параметрами используем подход, изложенный в работе [Myagkov S.V., 1995] для комплексной гидрологической и гидрогеологической системы, состоящей из конечного множества элементов со специфическими физическими свойствами и системой образования потоков воды.

Представим водосборный бассейн реки в виде совокупности элементарных площадок как матрицу, состоящую из отдельных элементов. Рассмотрим некоторую элементарную площадку в отдельности, для поверхности которой запишем уравнение водного баланса:

$$dW_{ji} = X_{ji} - E_{ji} - \Psi_{ji} + \sum Q_{ji} \quad (1)$$

где:  $W$  - объем воды на площадке,  $X$  - количество осадков в единицу времени,  $E$  - испарение в единицу времени,  $\Psi$  - фильтрация воды в почву,  $\sum Q_{ji}$  - поступление поверхностного склонового стока воды из соседних участков.

Начальные и граничные условия: при осадках испарение с поверхности элемента равно нулю, при нулевом объеме воды на площадке фильтрация в почву равна нулю. Приток и отток с поверхности элемента определяется от разности уровней воды.

Поверхностный водообмен для элементарной площадки и соседними элементами определяется системой уравнений:

$$\begin{cases} Q_{ji} = \chi_{j,i-1} * V_{j1} * B * [H_{ji} + H_{j,i-1}] / 2 \\ Q_{ji} = \chi_{j,i+1} * V_{j2} * B * [H_{ji} + H_{j,i+1}] / 2 \\ Q_{ji} = \chi_{j-1,i} * V_{j3} * B * [H_{ji} + H_{j-1,i}] / 2 \\ Q_{ji} = \chi_{j+1,i} * V_{j4} * B * [H_{ji} + H_{j+1,i}] / 2 \end{cases} \quad (2)$$

где:  $H$  – слой воды на площадке,  $V$  – скорость поверхностного потока. В связи с тем, что все элементы матрицы одинаковы по размеру площадки, то  $B$  – ширина площадки для всех составляющих матрицу элементов одинакова,  $\chi$  – знак направления потока, рассчитывается по уравнению:

$$\chi = \{Z_j + H_j - Z_i - H_i\} / ABS(Z_j + H_j - Z_i - H_i) \quad (3)$$

Скорость поверхностного потока для элементарной площадки определяем уравнением Маннинга (или уравнение Гоклера - Маннинга) – эмпирическая зависимость скорости безнапорного потока в открытом русле от формы и размеров поперечного сечения потока в открытом русле от формы и размеров поперечного сечения и шероховатости стенок:

$$V = 1/n \{R^{0.67} * I^{0.5}\} \quad (4)$$

где:  $V$  – средняя скорость потока (м/с),  $n$  – коэффициент шероховатости,  $R$  – гидравлический радиус (м),  $I$  – гидравлический уклон (м/м). Для решения задачи потоков использовалась явная схема Эйлера:

$$W_{ji}^{\tau+1} = W_{ji}^{\tau} + \left\{ X_{ji} - E_{ji} - \psi_{ji} + \sum_i^4 Q_{ji} \right\}^{\tau} \quad (5)$$

Временной шаг, при котором численная схема устойчива:

$$\tau = - \frac{2}{\left( \frac{\partial f}{\partial u} \right) n}, \text{ при } \varepsilon = 0(\tau) \quad (6)$$

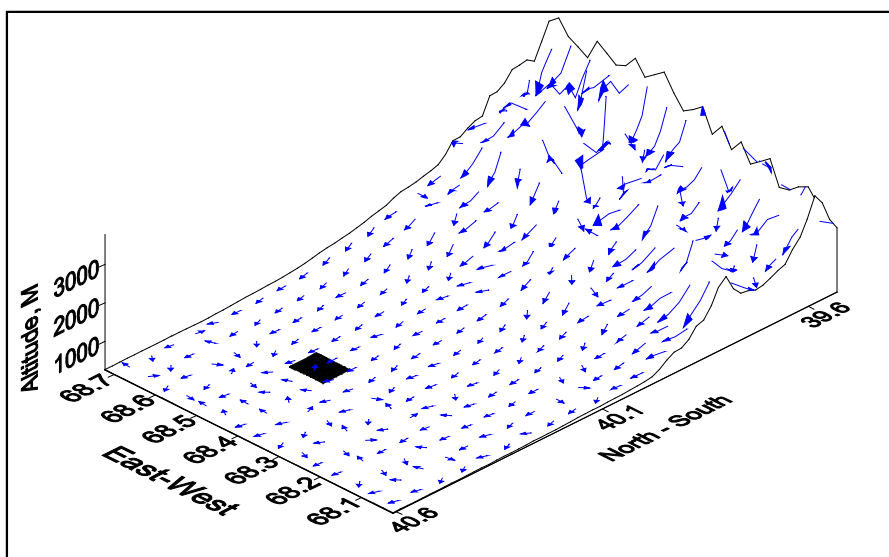
Использование уравнения (6) при расчетах позволяет значительно сократить пошаговое расчетное время и исключить неустойчивость численной схемы.

**Численные эксперименты.** По имеющейся расчетной схеме была разработана программа расчета. В качестве исходной информации была использована цифровая модель рельефа водосборной территории в районе Сардобинского водохранилища. На рис. 3 представлена цифровая модель рельефа в виде линий токов, направление стрелок указывает направление потока, размер стрелок указывает значение уклона местности. Для построения линий поверхностного склонового потока используется метод изложенный в работе [Chub et al., 2002].

В качестве начальных условий было принято, что интенсивность слоя осадков на поверхность принималась интенсивность слоя осадков на поверхность 3 мм в три часа.

Граничные условия для матрицы переприсваивались на каждом расчетном шаге по времени с условием  $Q_{j1} = Q_{j+1,i+1}$ .

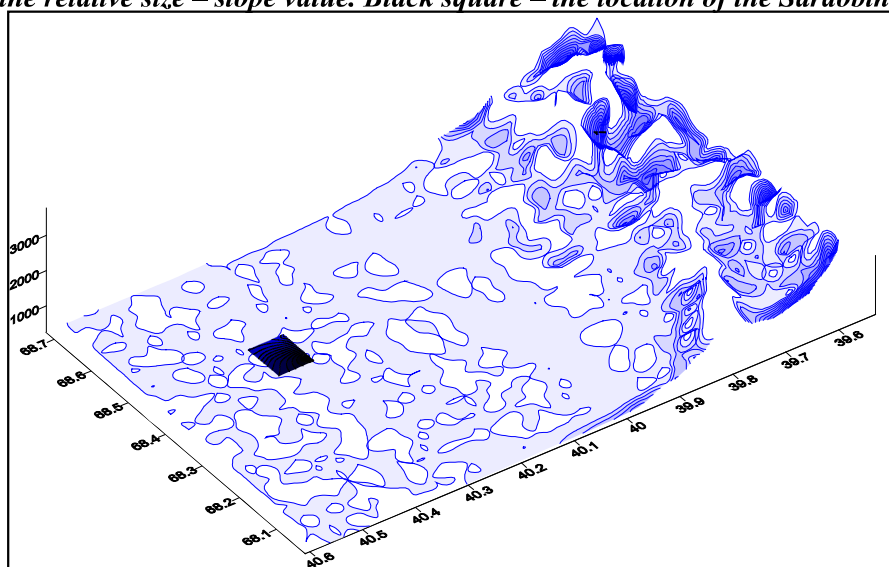
На рис. 4 приведены результаты расчета по модели. Сардобинское водохранилище на рисунке изображено в виде черного квадрата. Уровни воды на поверхности представлены тональными от белого (поверхность сухая), до темного (слой воды на поверхности земли составляет 1,3 мм). Заметна неравномерность слоя воды на равнинной части водосбора, которая обусловлена неравномерным рельефом местности, на котором превышения находятся в пределах от 1го до 5-ти метров. Обширные белые зоны находятся на хребтах (водоразделах), более темные тона в долинах и впадинах.



**Рис. 3.** Линии тока на цифровой модели рельефа территории Джизакской области от Туркестанского хребта в направлении на север к Сардобинскому водохранилищу. Горизонтальные оси – географические координаты, вертикальная ось – отметка высоты местности. Относительный размер линий тока – величина уклона. Черный квадрат – местоположение Сардобинского водохранилища

**Fig. 3.** Streamlines on the digital elevation model of the territory of the Jizzakh region from the Turkestan ridge towards the north to the Sardoba reservoir.

*Horizontal axes – geographic coordinates, vertical axis – terrain elevation mark. Streamline relative size – slope value. Black square – the location of the Sardobin reservoir*



**Рис. 4.** Расчетные зоны затопления территории водосборного бассейна, наложенные на цифровую модель рельефа

**Fig. 4.** Estimated flood zones of the catchment area superimposed on the digital elevation model

На рис. 5 зоны затоплений представлены в виде совмещенной топографической карты. Горизонтали местности наложены на карту расчетных зон затоплений. Заметно, что даже на равнинной части водосбора образуются зоны затоплений небольшого слоя воды (до 0.1 мм) с распределенными участками сухой поверхности. Данное

обстоятельство объясняется тем, что в равнинной части водосбора имеются впадины и повышения с небольшим диапазоном изменения высот от 1-го до 5-ти метров.

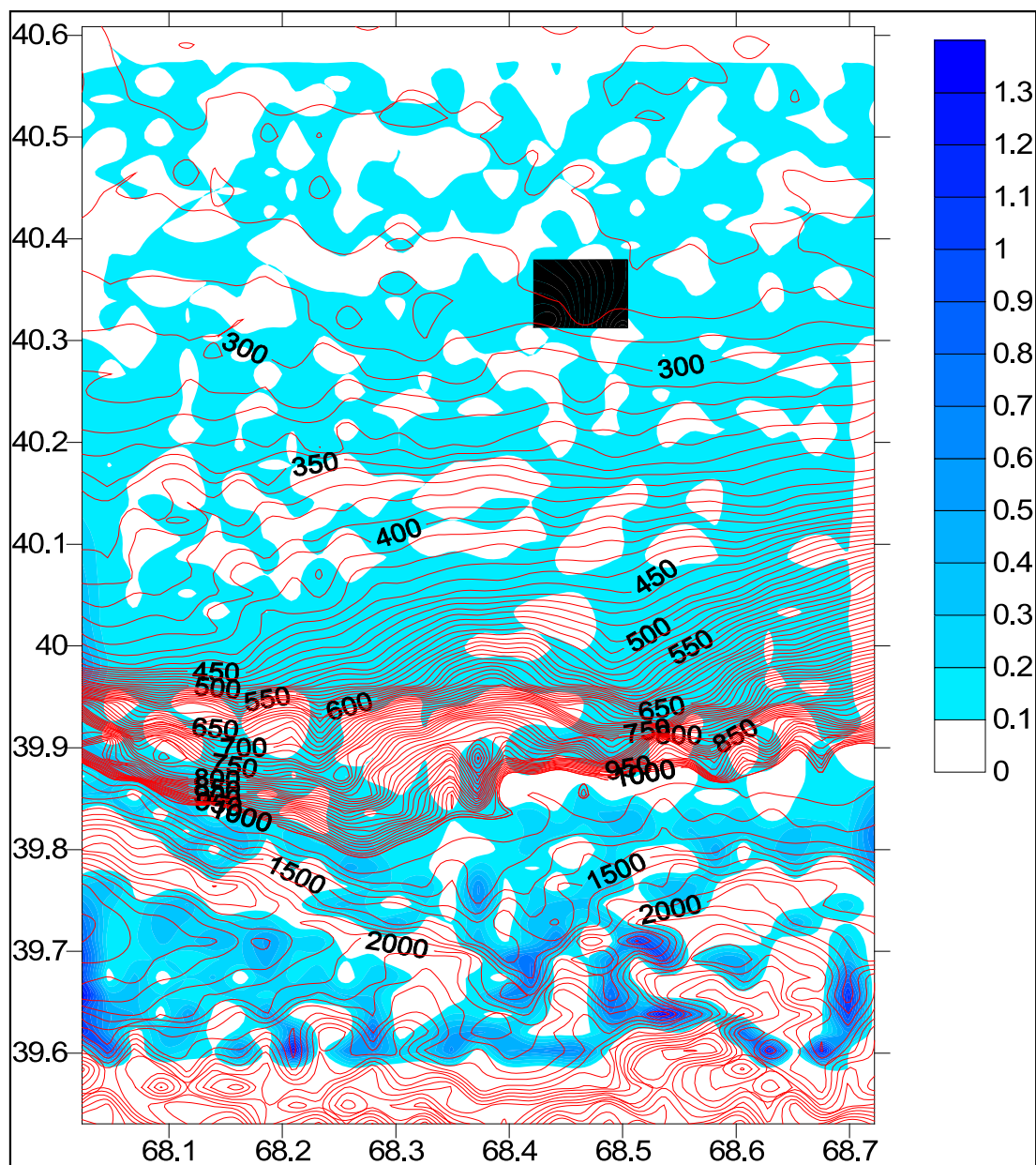


Рис. 5. Карта слоя воды (мм) на поверхности почвы через 30 минут после ливня интенсивностью 4 мм за три часа.

*Изолинии – горизонтали поверхности, тональность – слой воды (мм) на поверхности земли.  
Черный квадрат – масштабное изображение Сардобинского водохранилища*

Fig. 5. Map of the water layer (mm) on the soil surface 30 minutes after a rainstorm of 4 mm in three hours.

*Isolines – surface contours, tonality – water layer (mm) on the earth's surface.  
Black square – a large-scale image of the Sardoba reservoir*

**Выводы.** При выпадении ливневых осадков на водосбор образуются зоны затоплений в зависимости от рельефа местности. На водосборной части в области Сардобинского водохранилища образуются зоны локальных затоплений в равнинной части.

Осадки, выпадающие в районе бассейна реки Зааминсу на склоны долины, не попадают непосредственно в реку, а протекают во временных водотоках северных террас Туркестанского хребта и его ответвления хребта Мальгузар.

Ливневые осадки, проникающие в виде фильтрации в грунтовые воды террасы хребта Мальгузар, затем выклиниваются на равнинной части долины, тем самым повышая уровни затоплений на равнине.

К настоящему времени нормативные документы строительства гидротехнических сооружений в связи с изменением климата необходимо пересмотреть. В условиях изменения климата значительно изменился гидрологический режим рек Средней Азии.

Статистические оценки позволяют проследить общие тенденции изменения речного стока во времени, но не раскрывают физические процессы, обуславливающие реакцию гидрологического режима на изменение климата.

Основные регламентирующие документы базируется на расчётных значениях гидрологических характеристик, проведенных без учета современных и будущих климатических изменений. В связи с этим для развития водохозяйственного комплекса каждого речного бассейна необходима оценка и прогноз воздействия региональных изменений климата на гидрологический режим.

Полученные результаты позволят разработать новые рекомендации и актуализировать существующие нормативы, регламентирующие деятельность водохозяйственного комплекса и проектирование водохозяйственных объектов, приведя их в соответствие с современными условиями и с учетом происходящих и ожидаемых в перспективе изменений климата.

## ЛИТЕРАТУРА

*Куксина Л.В., Голосов В.Н., Кузнецова Ю.С.* Ливневые паводки в горах: изученность, распространение, факторы формирования // География и природные ресурсы. -№ 1. 2017. -С. 25-35. doi:10.21782/GIPR0206-1619-2017-1(25-35)

*Chub V.E., Myagkov S.V.* Mapping of the Soil Erosion Using the Digital Relief Model / 12th ISCO Conference, Beijing, China, 2002. – PP. 153-157.

*Guniya G.S., Tskvitinidze Z.I., Kholmatzhanov B.M., Fatkhullaeva Z.N.* Foehn Influence on Air Pollution Processes in the Mountain Regions // Russian Meteorology and Hydrology, Vol. 35, No. 6, 2010. - PP. 406–410. doi: 10.3103/S1068373910060075

*Khikmatov F., Frolova N., Turgunov D., Khikmatov B., Ziyayev R.* Hydrometeorological Conditions of Low-Water Years in The Mountain Rivers of Central Asia // IJSTR, Vol. 9 (02), 2020. www.ijstr.org

*Marchi L., Borga M., Preciso E., Gaume E.* Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management // Journal of Hydrology. No. 394 (1–2). 2010. - PP. 118–133.

*Myagkov S.V.*, A model of water and salt exchange between a river and groundwater // IAHS Publ. No. 229, 1995. – PP. 249-254.

*Rostam Afshar, Nasser.* Application of mathematical modelling in rainfall forecast: a case study in SGS. Sarawak basin // International Journal of Research in Engineering and Technology. Volume: 03 Issue: 11,2014. <http://www.ijret.org>

Water and Climate Change. ISBN 978-92-3-100371-4. UNESCO, 2020, - 236 p. [www.unesco.org/water/wwap](http://www.unesco.org/water/wwap)

**САРДОБА СУВ ОМБОРИ ҲАВЗАСИДА ЖАЛА ЁМҒИРЛАР ҲИСОБИГА ШАКЛЛАНДИГАН ОҚИМНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛИ****С.В. МЯГКОВ<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, Sergik1961@yahoo.com

**Аннотация.** Иқлим ўзгариши билан боғлиқ ҳолда дунё бўйлаб экстремал об-ҳаво ҳодисалари сони ортиб бормоқда. Дунёда жала ёгинлар миқдори 40 фоизга ортди. Жала ёгинлари кўпинча сув тошқинларига олиб келади ва натижада ҳудудларга ижтимоий ва иқтисодий зарар етказди. Мақолада дарёлар ҳавзасида кучли ёгингарчилик натижасида ёнбағирлар оқими шаклланишининг математик модели келтирилган. Оддий дифференциал тенгламалар учун Эйлер чекли айирмалар схемасидан фойдаланган ҳолда, кузатув пунктларидаги экстремал сув сарфларини ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган. 2020 йил 1 майда тўғон танасининг шимолий-шарқий қисми вайрон бўлган Сардоба сув омбори ҳавзаси мисолида сонли тажрибалар ўтказилган. Мақолада қуйидагилар кўриб чиқилди: кучли ёгингарчилик оддий ёмғирга қараганда кўпроқ энергияга эга; кучли ёмғир оқим тезлигини ошириб, ўзига тупроқ зарраларини қўшиб боради; жала ёмғирлар ҳисобига шаклланган оқимнинг математик модели дарё ҳавзаси кесимида экстремал оқимни ҳисоблаш имконини беради; ҳисоблаш усулидан сув омборларини лойиҳалашда фойдаланиши мумкин.

**Калит сўзлар:** жала ёмғир, тошқин, ёнбағирлар оқими, математик моделлаштириши, гидрологик ҳисоблашлар, сув тўплаш, дарё ҳавзаси.

**MATHEMATICAL MODEL OF STORM RUNOFF  
IN THE BASIN OF SARDOBA RESERVOIR****S.V. MYAGKOV<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Hydrometeorological Research Institute, Sergik1961@yahoo.com

**Abstract.** Due to climate change the number of extreme weather events is increasing worldwide. The amount of rainfall in the world increased by 40%. Heavy rainfall often leads to flooding causing social and economic damage to the affected areas. The paper presents a mathematical model of the formation of slope runoff as a result of heavy rainfall in the river basin. A method for calculating the extreme water flow rate in the outlet section is developed based on the Euler difference scheme for ordinary differential equations. Numerical experiments were carried out in the drainage area of the Sardoba reservoir where on May 1, 2020, the dam body of the northeastern part of the dam was destroyed. The article explores the main points: heavy rainfall has more energy than ordinary rain; heavy rainfall draws soil particles into the flow, increasing the flow rate; the mathematical model of the storm runoff formation allows calculating the extreme flow in the section of the river basin; the calculation method can be used in the design of reservoirs.

**Keywords:** rainstorm, flood, slope runoff, mathematical modeling, hydrological calculations, catchment, river basin.

**REFERENCES**

Kuksina LV, Golosov VN, Kuznetsova Yu.S. Livnevie pavodki v gorax: izuchennost, rasprostranenie, factory formirovaniya [Flash floods in the mountains: knowledge, distribution, factors of formation] // Geografiya i prirodnye resursi. No. 1. 2017. - S. 25-35. doi: 10.21782 / GIPR0206-1619-2017-1 (25-35) (in Russian)

Chub V.E., Myagkov S.V. Mapping of the Soil Erosion Using the Digital Relief Model / 12th ISCO Conference, Beijing, China, 2002. – PP. 153-157.

Guniya G.S., Tskvitinidze Z.I., Kholmatzhanov B.M., Fatkhullaeva Z.N. Foehn Influence on Air Pollution Processes in the Mountain Regions // Russian Meteorology and Hydrology, Vol. 35, No. 6, 2010. - PP. 406–410. doi: 10.3103/S1068373910060075

Khikmatov F., Frolova N., Turgunov D., Khikmatov B., Ziyayev R. Hydrometeorological Conditions of Low-Water Years in The Mountain Rivers of Central Asia // IJSTR, Vol. 9 (02), 2020. www.ijstr.org

Marchi L., Borga M., Preciso E., Gaume E. Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management // Journal of Hydrology. No. 394 (1–2). 2010. - PP. 118–133.

Myagkov S.V., A model of water and salt exchange between a river and groundwater // IAHS Publ. No. 229, 1995. – PP. 249-254.

Rostam Afshar, Nasser. Application of mathematical modelling in rainfall forecast: a case study in SGS. Sarawak basin // International Journal of Research in Engineering and Technology. Volume: 03 Issue: 11,2014. <http://www.ijret.org>

Water and Climate Change. ISBN 978-92-3-100371-4. UNESCO, 2020, - 236 p. [www.unesco.org/water/wwap](http://www.unesco.org/water/wwap)

УДК: 551.324.433+556.0

## РАСЧЕТ СТОКА С ЛЕДНИКОВ ГЛЯЦИАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ ЗЕРАВШАН

Л.М. КАРАНДАЕВА<sup>1\*</sup>, С.В. КАРАНДАЕВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, [karan.serg@rambler.ru](mailto:karan.serg@rambler.ru)

**Аннотация:** В Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (НИГМИ) разработана физико-статистическая модель процессов аккумуляции и абляции для совокупности ледников в бассейнах рек Средней Азии. Эта модель реализована в виде компьютерной программы REGMOD. Входными данными модели являются морфометрические характеристики ледников, а также гидрометеорологическая информация по данным высокогорных метеорологических станций. По программе REGMOD выполнены расчеты снегового и ледникового стока с ледников гляциальной области бассейна реки Зеравшан за многолетний период 1935-1993 гг. В настоящее время подготовка входных данных для программы REGMOD осложняется тем, что не существует необходимой информации о современном оледенении бассейна реки Зеравшан. В связи с этим на основе уже имеющихся сведений об объемах ледникового и снегового стока с ледников бассейна реки Зеравшан получены зависимости объемов ледникового и снегового стока от максимальной высоты снеговой границы. Вышеуказанные зависимости предлагается использовать для оценки ледникового и снегового стока с ледников гляциальной области бассейна реки Зеравшан.

**Ключевые слова:** бассейн реки Зеравшан, общий сток реки Зеравшан, гляциальная область, ледник, морфометрические характеристики ледника, ледниковый сток, снеговой сток, суммарный сток, максимальная высота снеговой границы, программа для ПК REGMOD.

**Введение.** Ценность воды в условиях орошаемого земледелия Средней Азии общеизвестна. Рациональное использование водных ресурсов – одна из главных составляющих современной стратегии природопользования и устойчивого развития на национальном уровне, а проблемы совместного использования водных ресурсов трансграничных бассейнов все чаще становятся предметом сложных межгосударственных переговоров. Рациональное использование воды в регионе требует тщательного изучения

\* Ответственный автор: [karan.serg@rambler.ru](mailto:karan.serg@rambler.ru), тел.: +998 71 235-80-01; +998 91 136-05-12