

М.А. Алагуджаева<sup>1</sup> , С.Т. Токсанбаева<sup>1\*</sup> ,  
Н.Е. Рамазанова<sup>1</sup> , Ж.А. Тусупбеков<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Нур-Султан

<sup>2</sup>Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Россия, г. Омск

\*e-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТАЛОГО СТОКА НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА РЕКИ НУРА ОТ САМАРКАНДСКОГО ДО ИНТУМАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

Бассейн реки Нура характеризуется неравномерным внутригодовым распределением стока, 90 % речного стока приходится на весеннее половодье, при этом следует отметить, что отличительной характерной чертой речного бассейна реки Нура является то, что сток половодья формируется за счет снегового талого стока. Информация о талом стоке необходима при прогнозировании паводковой ситуации для краткосрочного и долгосрочного периода в отраслевом производстве, так как для территории Казахстана это весьма актуальная проблема. Талый сток является одним из главных факторов формирования стока реки, при обильном снеготаянии это является одной из главных причин формирования затоплений, подтоплений и наводнений. В связи с этим моделирование талого стока является актуальной и значимой задачей. Снежный покров играет важную роль при взаимодействии климатических, гидрологических и гляциологических процессов. Снег является мощным климатообразующим фактором, оказывающим существенное влияние на формирование погодных условий. Одной из важнейших характеристик снежного покрова является запас воды, или водный эквивалент, также именуемый талый сток. Поэтому предметом исследования стало моделирование талого стока. Цель статьи – прогнозирование и моделирование талого стока на примере участка реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ с исследованием данных за период с 01.11.2013 по 01.04.2014 год и прогнозом моделирования с 1.04.2014 по 06.04.2014. Период исследования был выбран не случайно. В ходе анализа данных и характеристик по данному участку именно период 2014 года являлся одним из самых многоводных годов. В связи с чем выбран вышеуказанный период исследования. Исследования проводились на основе данных РГП «КазГидромет» по гидрологическим и метеорологическим показателям и цифровой модели рельефа.

**Ключевые слова:** талый сток, гидрологическое моделирование, прогнозирование, бассейн реки, цифровые модели рельефа.

M.A. Alagudzhaeva<sup>1</sup>, S.T. Toxanbayeva<sup>1\*</sup>, N.E. Ramazanova<sup>1</sup>, Zh.A. Tusupbekov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Kazakhstan, Nur-Sultan

<sup>2</sup>Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Russia, Omsk

\*e-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

### Modeling of meltwater runoff on the example of the Nura river section from Samarkand to Intumak reservoirs

The Nura River basin is characterized by an uneven intra-annual distribution of runoff, 90 % of the river runoff falls on the spring flood, while it should be noted that a distinctive characteristic feature of the Nura River basin is that the flood runoff is formed due to snow melt runoff. Information about meltwater runoff is necessary when predicting a flood situation for a short and long-term period in industrial production, since this is a very urgent problem for the territory of Kazakhstan. Thawed runoff is one of the main factors in the formation of river flow, with heavy snowmelt-it is one of the main reasons for the formation of flooding, flooding and flooding. In this regard, the modeling of melt runoff is an urgent and significant task. Snow cover plays an important role in the interaction of climatic, hydrological and glaciological processes. Snow is a powerful climate-forming factor that has a significant impact on the formation of weather conditions. One of the most important characteristics of the snow cover is the water supply, or water equivalent, also called melt runoff. Therefore, the subject of the study was the

modeling of melt runoff. The purpose of the article is forecasting and modeling of melt runoff on the example of the Nura River section from the Samarkand to Intumak reservoirs with the study of data for the period from 01.11.2013 to 01.04.2014 and the forecast of modeling from 1.04.2014 to 06.04.2014. The study period was not chosen by chance. Since during the analysis of data and characteristics for this site, it was the period of 2014 that was one of the most high-water years. In this connection, the above-mentioned study period was chosen. The research was carried out on the basis of the data of the RSE "KazHydromet" on hydrological and meteorological indicators and a digital relief model.

**Key words:** meltwater runoff, hydrological modeling, forecasting, river basin, digital terrain models.

М.А. Алағуджаева<sup>1</sup>, С.Т. Токсанбаева<sup>1\*</sup>, Н.Е. Рамазанова<sup>1</sup>, Ж.А. Тусупбеков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>А.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

<sup>2</sup> П.А. Столыпин атындағы Омбы мемлекеттік аграрлық университеті, Ресей, Омбы қ.

\*e-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

### Нұра өзенінің мысалында еріген ағынды модельдеу Самарқандтан Ынтымақ су қоймаларына дейін

Нұра өзенінің бассейні ағынның жыл ішіндегі біркелкі бөлінбеуімен сипатталады, өзен ағынының 90%-ы көктемгі су тасқынына келеді, ал Нұра өзенінің бассейнінің ерекшелігі – су тасқыны қардың еріген ағынына байланысты қалыптасады. Еріген ағын туралы ақпарат салалық өндірістегі қысқа мерзімді және ұзақ мерзімді кезең үшін су тасқыны жағдайын болжау кезінде қажет, өйткені Қазақстан аумағы үшін бұл өте өзекті мәселе. Еріген ағын өзен ағысының қалыптасуының негізгі факторларының бірі болып табылады, қардың көп еруі кезінде су тасқыны, су тасқыны және су тасқынының пайда болуының негізгі себептерінің бірі болып табылады. Осыған байланысты еріген ағынды модельдеу өзекті және маңызды міндет болып табылады. Қар жамылғысы климаттық, гидрологиялық және гляциологиялық процестердің өзара әрекеттесуінде маңызды рөл атқарады. Қар ауа-райының қалыптасуына айтарлықтай әсер ететін қуатты климаттық фактор болып табылады. Қар жамылғысының маңызды сипаттамаларының бірі – су қоры немесе еріген ағын деп аталатын су баламасы. Сондықтан зерттеу тақырыбы еріген ағынды модельдеу болды. Мақаланың мақсаты – 01.11.2013–01.04.2014 жылдар аралығындағы деректерді зерттеумен 1.04.2014–06.04.2014 жылдар аралығындағы модельдеу болжамымен Самарқандтан Ынтымақ су қоймаларына дейінгі Нұра өзенінің учаскесі мысалында еріген су ағынын болжау және модельдеу. Зерттеу кезеңі кездейсоқ таңдалмады. Осы учаске бойынша деректер мен сипаттамаларды талдау барысында дәл осы 2014 жыл кезеңі ең көп су жылдарының бірі болды. Осыған байланысты жоғарыда аталған зерттеу кезеңі таңдалды. Зерттеулер «Қазгидромет» РМК-ның гидрологиялық және метеорологиялық көрсеткіштері мен рельефтің сандық моделі бойынша деректері негізінде жүргізілді.

**Түйін сөздер:** еріген ағын, гидрологиялық модельдеу, болжау, өзен бассейні, рельефтің сандық модельдері.

## Введение

Таяние снега вызывает формирующийся сток, который имеет многофазовые и многофакторные процессы, характеризующиеся физико-географическими условиями и именуемые как талый сток. Поступление солнечной радиации и тепла на снеговую поверхность Земного шара образует талый сток (Dorothy K., 2001: 5).

Основные факторы, способствующие процессу таяния снега, определяются общим количеством снежных запасов, равномерностью распределения, наличием оттепели, общим количеством теплоты, поступающей на исследуемый участок, инсоляции, активного теплообмена между воздушной оболочкой и снежным покровом, теплообменом между поверхностью разделов почвенного и снежного покровов, также это

альбедная характеристика по снежному покрову, рельефу местности, направлению и ветровой скорости. При взаимодействии перечисленных факторов определяется сточная интенсивность и почвенный смыв, высотные отметки по гидрографу половодья и его продолжительности. По гидравлическим и гидрохимическим характеристикам с водотоков по склонам, используемым для прогнозирования наводнений, проектирования по противоэрозионным, дорожным и коллекторным сооружениям, для решения ряда экологических задач данные процедуры являются необходимыми и важными (Buchele, B., 2006: 485; De Moel H., 2009: 13; Genovese, E., 2006; Galland J.C., 1991: 148).

Формирование стока по склонам исследуется уже долгое время учеными с разных стран и мира. Так, вопросы формирования сто-

ка изучались В.П. Лидовым, А.В. Караушевым, К.М. Зубковым, Г.И. Швобсом, Н.И. Маккавеевым. В данный момент интенсивные исследования проводятся А.Г. Тарарико, В.Я. Григорьевым, М.С. Кузнецовым, Г.А. Ларионовым, С.Ю. Булыгиным, М.А. Нейринг, Ж.Е. Моррисон (Van Alphen J. and Van Beek E., 2006).

Значимая роль снежного покрова заключается в том, что он формирует и взаимодействует с гидрологическими и гляциологическими процессами. Он также является мощным климатообразующим фактором, оказывающим существенное влияние на формирование погодных условий (Соснин В.С., 2014; Апполов Б.А., 1974: 246; Abbott M. B., 1967: 97).

Бассейн реки Нура характеризуется неравномерным внутригодовым распределением стока, 90 % речного стока приходится на весеннее половодье, при этом следует отметить, что отличительной характерной чертой речного бассейна реки Нура является то, что сток половодья формируются за счет снегового талого стока. Расположение в центре Казахского мелкосопочника, также имеющего название как Казахская складчатая страна, и в центре Евразии сказывается на климате и характеризует его как резко континентальное и крайне засушливое место с недостаточным увлажнением и низкой влажностью воздуха с преобладанием арктических, полярных и тропических воздушных масс.

Информация о талом стоке необходима при прогнозировании паводковой ситуации для краткосрочного и долгосрочного характера в отраслевом производстве, так для территории Казахстана это весьма актуальная проблема. Талый сток является одним из главных факторов формирования стока реки, при обильном снеготаянии это является одной из главных причин формирования затоплений, подтоплений и наводнений. В связи с этим моделирование талого стока является актуальной и значимой задачей (Шовенгердт Р.А., 2010: 16; Burakov D.A., 2019).

Именно поэтому *цель исследования данной статьи* – прогнозирование и моделирование талого стока на примере участка реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ с исследованием данных за период с 01.11.2013 по 01.04.2014 год и прогнозом моделирования с 1.04.2014 по 06.04.2014.

Территория бассейна реки Нура исследовалась на протяжении многих лет, количество наблюдаемых гидрологических постов с 1930 года по настоящее время составляло 73, на данный

момент действующими являются 7 гидропостов: с. Бес-Оба, с. Пролетарское, ст. Балыкты, Карамурын, а. Акмешит, Романовка и Бирлик. При анализе существующих данных наблюдений по паводочному стоку реки Нура было обнаружено, что максимальные расходы в основном проходили в весенний период из-за таяния снега, что говорит о ситуации половодья. Так при рассмотрении данных, например по гидропосту Карамурын, пиковые расходы проходили в период апреля месяца. Самые максимальные расходы проходили в 2014 году. Поэтому период исследования выбран не случайно. В ходе анализа данных и характеристик по данному участку именно период 2014 года являлся одним из самых многоводных годов. В связи с чем именно данный период был взят для экспериментального исследования. Данные были взяты за период с 01.11.2013 по 01.04.2014 год, а прогнозный период был взят с 1.04.2014 по 06.04.2014. Ниже дана более подробная информация по исследованию.

*Задачами исследования данной статьи являлись:*

- сбор необходимых физико-географических данных исследуемого объекта;
- создание цифровой модели рельефа площади исследуемого объекта с использованием программы ArcGIS 10.5;
- определение площади заснеженности каждой зоны на основе спутниковых данных;
- сбор и анализ переменных данных по объекту исследования на основе спутниковых данных для работы с моделью программы WinSRM;
- вычисление рассчитанных параметров для работы с моделью программы WinSRM;
- моделирование ежедневного прогноза талого стока с 1 по 6 апреля 2014 года и сравнение с фактическими данными;
- оценка точности модели талого стока.

*Уникальность исследовательской работы заключалась в том, что:*

- прогнозная модель показала высокий процент апробации с точностью в 92% на неизученном участке реки Нура, на котором отсутствуют стационарные гидропосты основного русла;
- при вычислении площади заснеженности использованы данные дистанционного зондирования, а именно канала MODIS американского спутника TERRA с полосой захвата 2330 и пространственным разрешением 250-1000 метров;
- для деления объекта исследования на зоны одновременного снеготаяния по высот-

ным отметкам использованы программы GIS-технологий, а именно ArcGIS 10.5 и QGIS;

- использована высокоточная цифровая модель рельефа исследуемой территории.

### Материалы и методы

*Объект исследования:* прогнозная модель талого стока участка реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ.

*Исходные данные:* гидропосты Карамурын и Балыкты (данные по стоку – ежесуточному расходу) и метеостанции Бухар-Жырауская (Карагандинский М) и г. Караганда (Караганда М) (данные по средней температуре и осадкам).

*Методы исследования:* статистический анализ данных по объекту исследования и прогнозное моделирование талого стока в программе WinSRM.

### Результаты

Бассейн реки Нура занимает наиболее возвышенную часть Казахского мелкосопочника Сарыарки, которая представляет собой своеобразную, весьма неоднородную в геоморфологическом отношении, сильно приподнятую территорию. На западе к ней примыкает Торгайская ложбина и северо-восток Туранской низменности, на юге – глинистая пустыня Бетпакдала и озеро Балхаш.

Сделан сбор необходимых физико-географических данных и создана цифровая модель рельефа площади исследуемого объекта с использованием программы ArcGIS 10.5.

Моделирование и прогнозирование суточного стока в бассейнах горных районов, где важной составляющей является таяние снега. Имеет место быть модель талого стока Мартинекка, также именуемая как Модель Мартинекка-Ранго. Данная модель разрабатывалась Мартинекком для бассейнов с малой площадью. Но позже данная модель начала иметь применение для более крупных бассейнов после того, как ввели спутниковое дистанционное зондирование по снежному покрову в модель талого стока (Мартинек, 2004: 15).

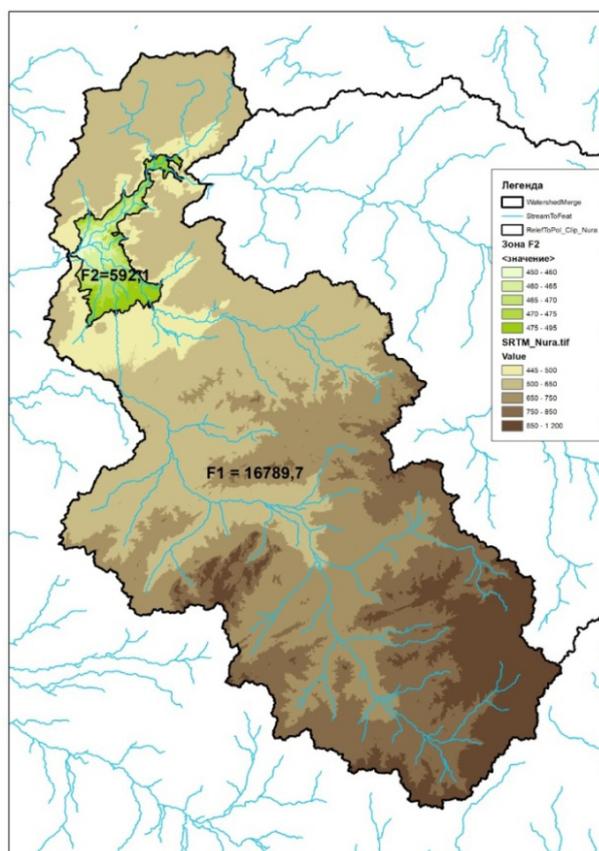
В исследовании была адаптирована модель WinSRM для равнинной территории, т.е. в данные для рассчитанных параметров включили также свойства физико-географических характеристик бассейна реки Нура по равнинной территории и при расчете использовали подробные

данные, также проводили калибровку по коэффициентам регрессии и температурному градиенту.

Для общих исходных данных территория объекта исследования поделена на 2 зоны в связи с тем, что находится в равнинной части и не имеет резких различий по высотным отметкам (рис. 1).

При расчете разницы высотных отметок были взяты максимальная и минимальные высоты по 2 зонам и включены в параметры модели для моделирования.

Был спрогнозирован объем талого стока для русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилища.



**Рисунок 1** – ЦМР участка реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ. Определение водосборной площади

Площадь русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилища для каждой зоны и ее средняя высота (Zone Area and Hypsometric Mean elevation):

$$F_1 = 592,1 \text{ км}^2 \text{ (3,4 \% от общей площади)}$$

и  $h_{cp1} = 472,5 \text{ м}$

$$F_2 = 16789,7 \text{ км}^2 \text{ (96,6 \% от общей площади)}$$

и  $h_{cp2} = 822,5 \text{ м}$

$$\Delta h = 1200 - 195 - 705 \text{ м}$$

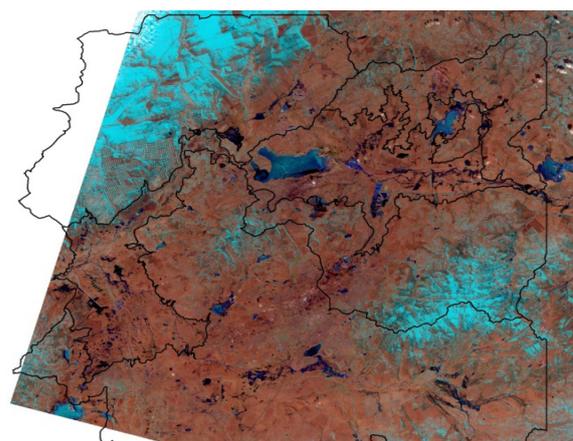
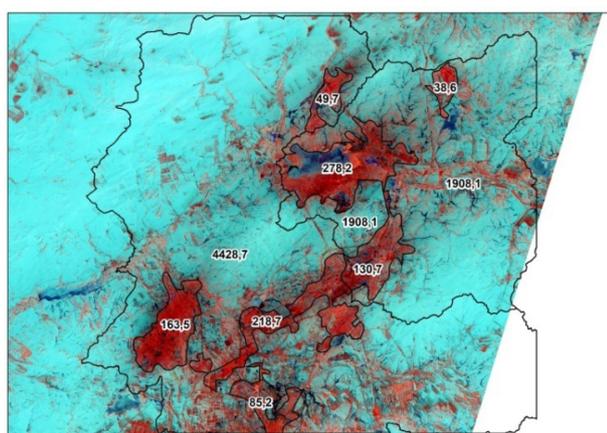
Координаты объекта исследования:

latitude (широта) –  $49^0$   
and longitude (долгота) –  $72^0$

Разница между максимальными (max) высотами по зонам – Reference Elevation (m):

\* Максимальная высота по первой зоне – 605 м,  
по второй зоне – 1500 м.

Также определена площадь заснеженности каждой зоны на основе спутниковых данных (рис. 2).



Снимок на 21 марта 2014 г. Снимок на 30 марта 2014 г.

**Рисунок 2** – Площадь заснеженности каждой зоны, сделанная на основе спутниковых данных участка реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ

По рисунку 2 можно проследить процесс снеготаяния и задержки талого стока грунтовыми водами. Подтаявший снег 21 марта 2014 года поступил через подземный сток в

основное русло реки Нура только 1 апреля 2014 года.

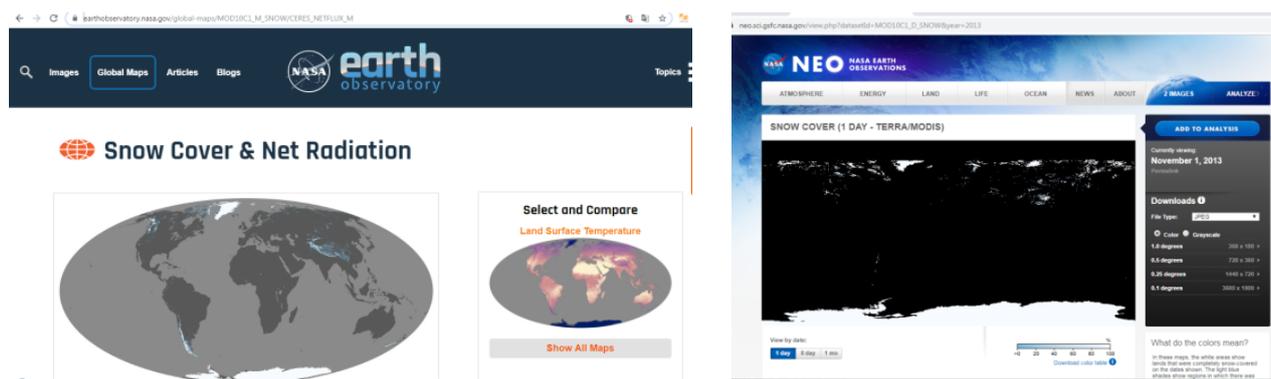
Площадь заснеженности на 21 марта 2014 года составила в км<sup>2</sup>.

**Таблица 1** – Площадь заснеженности на 21 марта 2014 года, км<sup>2</sup>

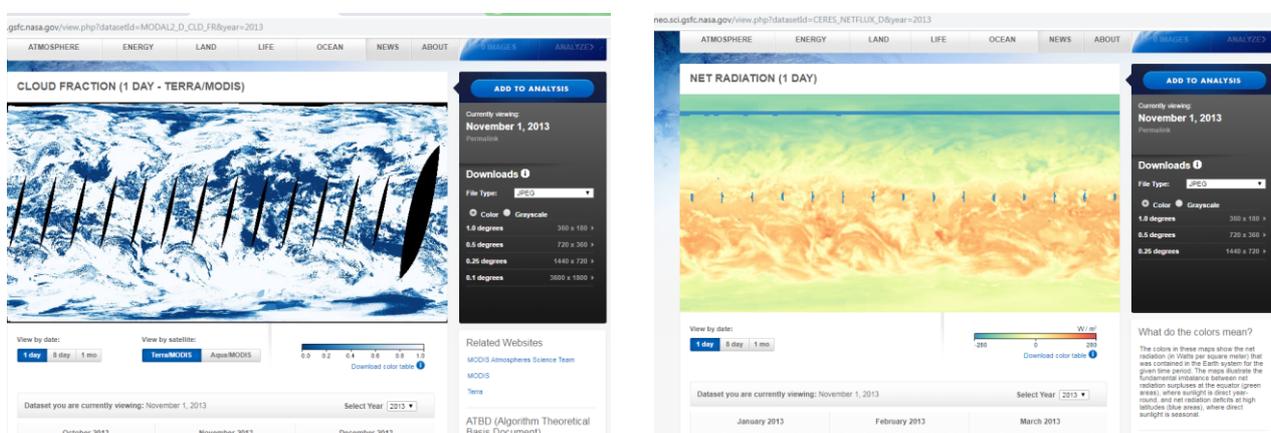
	F <sub>1</sub>		F <sub>2</sub>	
	Снег	Земля	Снег	Земля
Русло реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилища	16538	10054	381	335

Для сбора и анализа переменных данных по объекту исследования были взяты данные за период с 1 ноября 2013 года по 1 апреля 2014 года по гидропостам Карамурын и Балыкты (по стоку – среднему расходу) и метеостанциям Бухар-Жырауский (Карагандинский М) и г. Караганда (Караганда М) (по средней температуре и осадкам).

Для исследования объекта по переменным параметрам: обхвата снегом территории (в %/100) – CDC и коэффициента солнечной радиации – Net Radiation проанализированы данные космоснимков с сайта NEO NASA EARTH OBSERVATIONS <https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/> и данные по космоснимкам LandSat за период с 1 ноября 2013 года по 1 апреля 2014 года по ежедневным и ежемесячным снимкам (Рис. 3 – 4).



**Рисунок 3** – Интерфейс сайта NEO NASA EARTH OBSERVATIONS <https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/> и интерфейс вкладки по снежному покрову (в %/100) – CDC [https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MOD10C1\\_D\\_SNOW&year=2013](https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MOD10C1_D_SNOW&year=2013)



**Рисунок 4** – Интерфейс вкладки по облачности [https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MODAL2\\_D\\_CLD\\_FR&year=2013](https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MODAL2_D_CLD_FR&year=2013) и коэффициента солнечной радиации – Net Radiation [https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=CERES\\_NETFLUX\\_D&year=2013](https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=CERES_NETFLUX_D&year=2013)

Для анализа и исследования космоснимков по трем параметрам для каждого дня и месяца выполнена функция анализа.

Результаты вычисления по рассчитанным параметрам для модели программы WinSRM составили:

- средний сток по зонам – Initial Runoff ( $m^3/s$ ) –  $1,97 m^3/c$
- среднее количество осадков по зонам в см – Rainfall Threshold (sm) –  $1,02 \text{ мм} = 0,102 \text{ см}$
- фактор градус-день (коэффициент стаивания снега) – degree day factor =  $0,38$
- критическая температура – critical temperature =  $2^0$
- температурный градиент – temperature lapse rate =  $0,4$
- время добегаания (ч) – log time to gage (hr) =  $20 \text{ ч.}$

- коэффициент стока от снега – runoff coefficients (snow) =  $0,2$
- коэффициент стока от дождя – runoff coefficients (rain) =  $0,18$
- площадь охвата дождем – rainfall contributing area =  $0$
- коэффициент регрессии x – x recession coefficients =  $0,62$
- коэффициент регрессии y – y recession coefficients =  $0,75$ .

Для прогноза объема талого стока исследуемого объекта за период с 1 по 6 апреля 2014 года в программе WinSRM был выполнен алгоритм действий, включающий ввод общих исходных данных, переменных данных за период с 1 ноября 2013 по 1 апреля 2014 и также рассчитанных параметров для модели программы WinSRM.

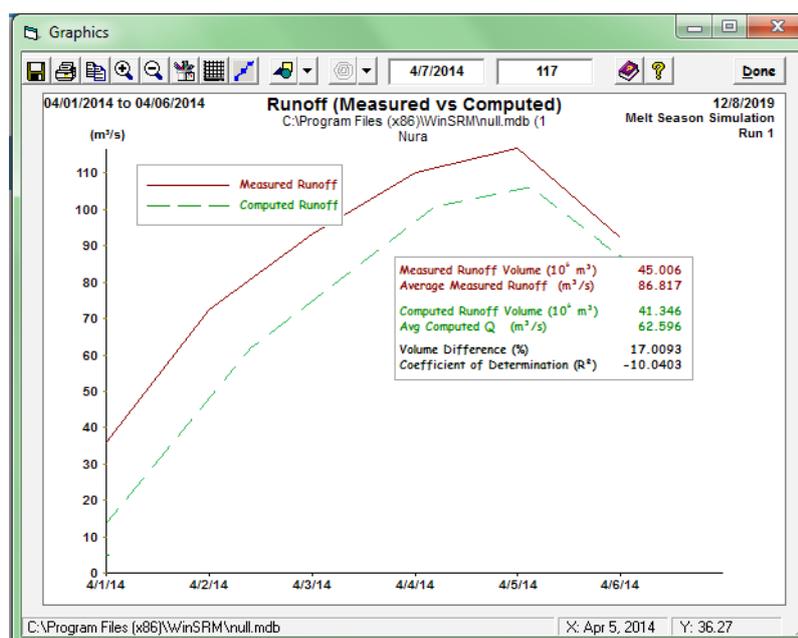
*Результаты работы в программе WinSRM.* Моделирование ежедневного прогноза талого стока русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилища с 1 по 6 апреля 2014 года в программе WinSRM показало, ежедневный фактический и смоделированный расход воды (Рис. 5-6, табл. 2).

Для русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилища фактический объем талого стока с 1 по 6 апреля 2014 года со-

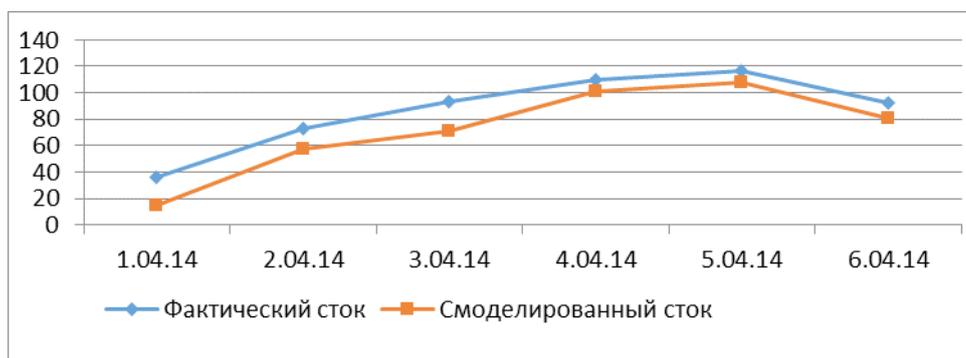
ставил  $45,006 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ , смоделированный объем талого стока –  $41,346 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ . Точность прогноза объема талого стока составила 92%.

Фактический средний расход воды с 1 по 6 апреля 2014 года для русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилища составил  $86,817 \text{ м}^3/\text{с}$ , смоделированный средний расход воды равен  $62,596 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Также показаны общие данные по исходным параметрам осадков, средней температуре (рис. 7-8).



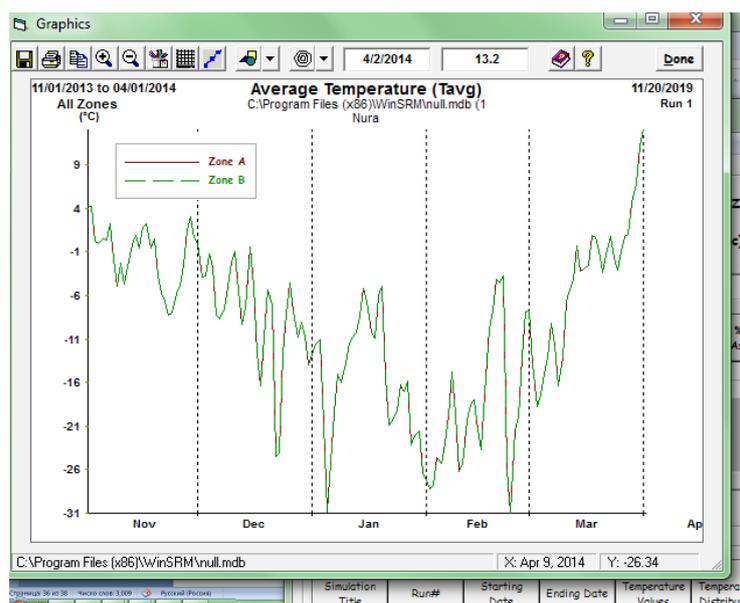
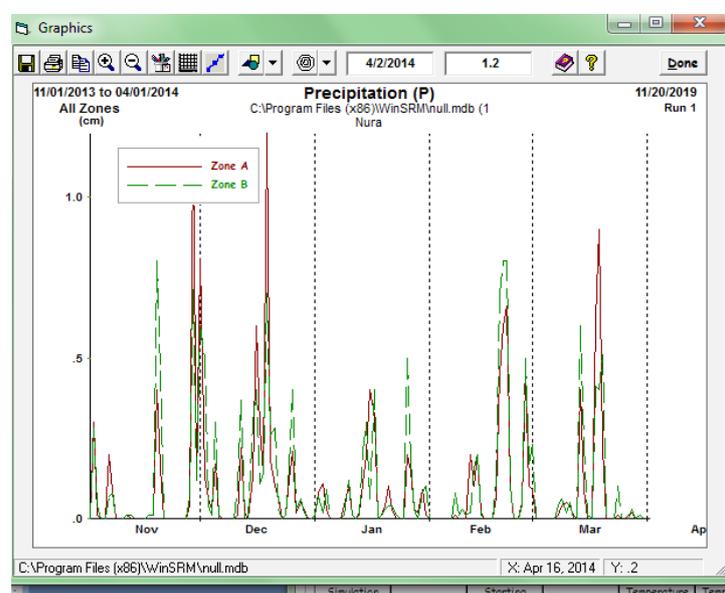
**Рисунок 5** – Фактический и смоделированный объем талого стока и среднего расхода воды с 1.04.14 по 06.04.14 для русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ



**Рисунок 6** – График фактического и смоделированного ежедневного расхода воды за период с 1.04.14 по 06.04.14 для русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ

**Таблица 2** – Фактический и смоделированный ежедневный расход воды с 1.04.14 по 06.04.14 для русла реки Нура от Самаркандского до Интумакского водохранилищ

Дата	Фактический сток, м <sup>3</sup> /с	Смоделированный сток, м <sup>3</sup> /с	Точность прогноза, %
1.04.2014	36	15,05	41
2.04.2014	72,6	56,54	78
3.04.2014	93	71,48	77
4.04.2014	110	100,68	92
4/5/2014	117	107,64	92
4/6/2014	92,2	81,19	88
<b>Итого W, млн. м</b>	<b>45,006</b>	<b>41,346</b>	<b>92</b>



**Рисунок 7** – Осадки и средняя температура за период с 01.11.13 по 01.04.14

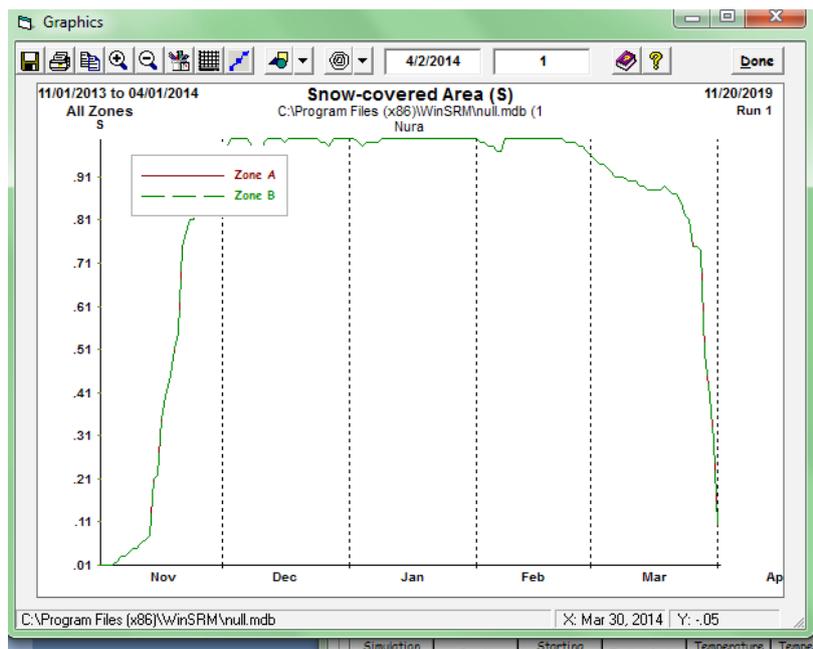


Рисунок 8 – Площадь обхвата снега за период с 01.11.13 по 01.04.14

### Выводы

Разработанная прогнозная модель талого стока участка реки Нура от Самаркандского до

Интумакского водохранилищ показала значительную точность апробации, 92% за период с 1 апреля 2014 года по 6 апреля 2014 года на неизученном участке реки (рис. 9).

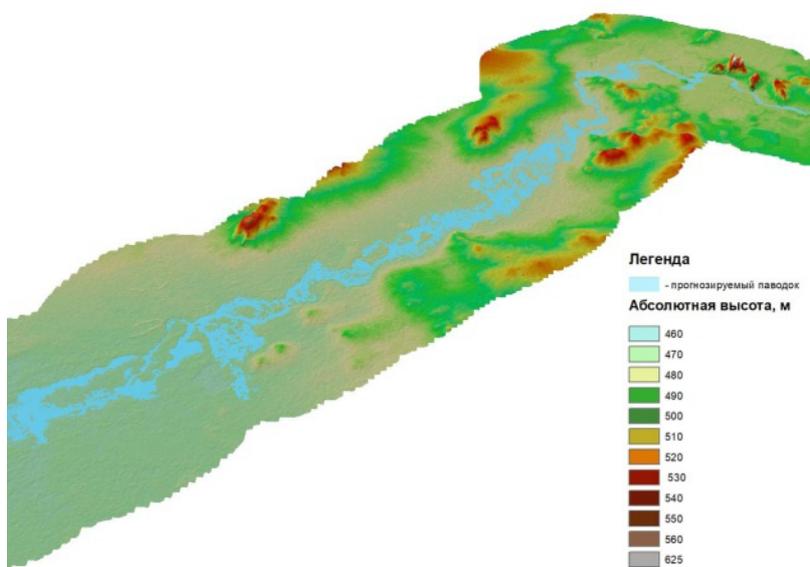


Рисунок 9 – Моделирование паводка объекта исследования на 4 апреля 2014 года

По смоделированным и фактическим данным прослеживается некоторое различие в процентном соотношении точности прогноза. Так, рассматривая даты пика стока, стоит отметить более точные прогнозы, которые в процентном соотношении достигают 92%, самый наименьший процент по точности наблюдается в первый день прогноза и составляет 41%. Но, рассматривая прогноз по общему объему стока по смоделированным и фактическим данным, можно отметить точность в 92%. Это говорит о том, что модель может работать и давать более точные прогнозы при полных данных, соответствующих

расчетах и адаптированности модели под физико-географические характеристики исследуемой территории.

Основным недостатком прогнозной модели в программе WinSRM являлся расчет прогнозных коэффициентов моделирования паводка неавтоматизированным математическим способом, что может сказаться на оперативности и скорости работы.

*Данное исследование было профинансировано Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (BR10965352).*

### Литература

- Dorothy K., George A., Vincent V. (2001) Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) for the MODIS Snow and Sea Ice-Mapping Algorithms, – 5 с.
- Шовенгердт Р.А. (2010) Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. – М.: Техносфера, – 16 с.
- Burakov D.A.(2019) Hydrological systems modeling – Vol. I – Longterm Forecasting of Snowmelt Runoff – ©Encyclopedia of Life Support Systems(eolss) longterm forecasting of snowmelt runoff
- Соснин В.С. (2014) Прогнозирование риска весеннего половодья для предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с затоплением территории алтайского края. – Барнаул: Известия АО РГО. Вып. 35.
- Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. (1974) Курс гидрологических прогнозов. – Ленинград: Гидрометеиздат – С. 246-247.
- Abbott M. B., Ionescu F. (1967). On the numerical computation of nearly horizontal flows. Journal of Hydraulic Researches, 5 – 97-117.
- Buchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thielen, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., & Nestmann, F. (2006). Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6, 485–503.
- Danish Hydraulic Institute. (2009). MIKE 11 reference manual, Appendix A, Scientific background, Danish Hydraulic Institute.
- Danish Hydraulic Institute. (2010). MIKE 21 FM HD Reference manual, Danish Hydraulic Institute.
- De Moel H., Van Alphen, J., Aerts, J. C. J. H. (2009). Flood maps in Europe – methods, availability and use. Natural Hazards and Earth System Sciences, 9, 1-13.
- DSI. (2013). Samsun Terme District, Terme River Flood Hazard Map Designation Project. Retrieved from Samsun 7th Regional Directory.
- Genovese E. (2006). A methodological approach to land use-based flood damage assessment in urban areas: Prague case study. European Communities, DG-JRC, Ispra, EUR 22497 EN.
- Galland J.C., Goutal, N., and Hervouet, J. M. (1991). TELEMAC: A new numerical model for solving shallow water equations. Adv. Water Resour., 14, 138–148.
- Van Alphen J. and Van Beek E. (2006). From flood defense to flood management prerequisites for sustainable flood management in floods, from Defense to Management. Van Alphen, J., Van Beek, E., and Taal, M., Taylor and Francis Group (Ed.), London.

### References

- Dorothy K., George A., Vincent V. (2001) Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) for the MODIS Snow and Sea Ice-Mapping Algorithms, – 5.
- Shovengerdt R.A. (2010) Distantionnoye zondirovaniye. Modeli i metody obrabotki izobrazheniy [Remote sensing. Models and methods of image processing]. – Moskva: Tekhnosfera, – 16. (In Russian)
- Burakov D.A.(2019) Hydrological systems modeling – Vol. I – Longterm Forecasting of Snowmelt Runoff – ©Encyclopedia of Life Support Systems(eolss) longterm forecasting of snowmelt runoff.
- Sosnin V.S. (2014) Prognozirovaniye riska vsennego polovod'ya dlya preduprezhdeniya chrezvychaynykh situatsiy, svyazannykh s zatopleniyem territorii altayskogo kraya [Forecasting the risk of flooding in order to prevent emergencies associated with flooding the territory of the Altai Territory]. – Barnaul: Izvestiya AO RGO. Vyp. 35. (In Russian)
- Apollov B.A., Kalinin G.P., Komarov V.D. (1974) Kurs gidrologicheskikh prognozov [Hydrological Forecasting Course]. – Leningrad: Girometeoizdat – 246-247 (In Russian)

Abbott, M. B., Ionescu F. (1967). On the numerical computation of nearly horizontal flows. *Journal of Hydraulic Researches*, 5 – 97-117.

Buchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thielen, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., & Nestmann, F. (2006). Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 6, 485–503.

Danish Hydraulic Institute. (2009). MIKE 11 reference manual, Appendix A, Scientific background, Danish Hydraulic Institute.

Danish Hydraulic Institute. (2010). MIKE 21 FM HD Reference manual, Danish Hydraulic Institute.

De Moel, H., Van Alphen, J., Aerts, J. C. J. H. (2009). Flood maps in Europe – methods, availability and use. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9, 1-13.

DSI. (2013). Samsun Terme District, Terme River Flood Hazard Map Designation Project. Retrived from Samsun 7th Regional Directory.

Genovese, E. (2006). A methodological approach to land use-based flood damage assessment in urban areas: Prague case study. European Communities, DG-JRC, Ispra, EUR 22497 EN.

Galland, J. C., Goutal, N., and Hervouet, J. M. (1991). TELEMAC: A new numerical model for solving shallow water equations. *Adv. Water Resour.*, 14, 138–148.

Van Alphen, J. and Van Beek, E. (2006). From flood defense to flood management prerequisites for sustainable flood management in floods, from Defense to Management. Van Alphen, J., Van Beek, E., and Taal, M., Taylor and Francis Group (Ed.), London.