

*Калашикова О.Ю.*

**АТ-БАШЫ ЖАНА АЛАБУГА ДАРЫЯЛАРЫНЫН БАССЕЙНДЕРИНДЕГИ  
СУУ ТАШКЫНЫ ЖАНА СУУ КАПТОО МЕНЕН БАЙЛАНЫШКАН  
ЭКОЛОГИЯЛЫК КОРКУНУЧТАРДЫ АЛДЫН АЛУУ**

*Калашикова О.Ю.*

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ  
СВЯЗАННЫХ С ПОДТОПЛЕНИЯМИ И НАВОДНЕНИЯМИ  
В БАССЕЙНАХ РЕК АТ-БАШИ И АЛАБУГА**

*O.Yu. Kalashnikova*

**ENVIRONMENTAL RISK PREVENTION  
ASSOCIATED WITH FLOODING IN THE AT-BASHI AND  
ALABUGA RIVER BASINS**

УДК: 504 (75.06), 556 (06)

Нарын дарыясынын бассейнинин аймактарындагы жана калктуу конуштарындагы суу ташкындары табигый шарттардан улам келип чыгат; жер астындагы суулардын деңгээлинин мезгилдүү көтөрүлүшү вегетациялык мезгилинде айыл чарба жерлерин сугарууда дарыя сууларынын көбөйүшү жана инфильтрация менен байланыштуу болушу мүмкүн. Нарын дарыясынын Ат-Баши жана Алабуга негизги суу куймаларында суунун агып келишинин көбөйүшү майдан сентябрга чейинки мезгилде байкалат жана мезгилдүү кардын запасынын эришинен жана нөшөрлөп жааган жамгырдан улам келип чыгат. Спутниктен алынган сүрөттөрдүн жардамы менен кардын мониторинги - кар катмарынын динамикасы боюнча жогорку сапаттагы жана оңой алынуучу маалымат булактарынын бири болуп саналат. Бул маалымат суу ташкыны мезгилинде дарыяларда суунун келишин прогноздоо үчүн да колдонулат. Нарын дарыясынын бассейниндеги суу ташкындарын жана суу каптоолорун алдын алуунун негизги көйгөйү болуп, анын негизги агымдары Ат-Баши жана Алабугага байкоо жүргүзүлбөгөндүктөн келип чыгат, бул көрүнүштөр ал жерлерде көп байкалат. Макалада азыркы мезгилдеги бул дарыялардын агымы жөнүндө маалыматтарды реконструкциялоонун натыйжалары, ошондой эле суу ташкынын жана суу каптоонун алдын алуу максатында MODIS спутниктик сүрөттөрүнүн негизинде дарыялардагы суунун көлөмүн прогноздоо методикасын колдонуп эсептөөлөрдүн натыйжалары келтирилген.

**Негизги сөз:** суу ташкыны, суу каптоо, экологиялык коркунучтар, суунун божомолу, MODIS космо сүрөттөрү, кар катмары, Нарын дарыясы, Тянь-Шань, Кыргызстан.

Подтопление территорий и населенных пунктов в бассейне реки Нарын обусловлено природными условиями, сезонные подъемы уровня грунтовых вод могут быть связаны с увеличением расходов рек и инфильтрацией при орошении сельскохозяйственных земель в вегетационный период. Увеличение расходов воды на основных притоках реки Нарын Ат-Баши и Алабуга отмечается в период с мая по сентябрь и вызвано таянием сезонных запасов снега и

выпадением ливневых дождей. Мониторинг за снежным покровом с использованием данных спутниковых снимков является одним из качественных и доступных источников информации о динамике снежного покрова. Эта информация также используется для прогнозирования водности рек на период половодья. Основной проблемой предупреждения наводнений и подтоплений в бассейне реки Нарын является отсутствие мониторинга за стоком ее основных притоков – Ат-Баши и Алабуга, где эти явления наблюдаются наиболее часто. В статье представлены результаты реконструкции данных о стоке этих рек за современный период, а также результаты расчетов по методике прогнозирования водности рек на основе данных спутниковых снимков MODIS в целях предупреждения наводнений и подтоплений.

**Ключевые слова:** наводнения, подтопления, экологические угрозы, прогноз воды, космические снимки MODIS, снежный покров, река Нарын, Тянь-Шань, Кыргызстан.

Flooding of territories and settlements in the Naryn river basin is caused by natural conditions; seasonal rise in the groundwater level may be associated with an increase in river discharge and infiltration during irrigation of agricultural lands during the growing season. The increase in water discharge on the main tributaries of the Naryn At-Bashi and Alabuga rivers is noted in the period from May to September and associated with seasonal snowmelt and torrential rainfall. Snow monitoring using satellite imagery data is one of the highquality and accessible sources of information on the dynamics of snow cover. This information is also used to predict the water availability in rivers during flood periods. The main problem of flood prevention in the Naryn river basin is the no monitoring of the flow of its main tributaries - At-Bashi and Alabuga, where these phenomena are most often observed. The article presents the results of reconstruct data of these rivers runoff for the modern period, as well as the results of the river water content forecasting for the floods prevention using the calculation method based on MODIS satellite images.

**Key words:** floods, flooding, environmental risks, water forecast, MODIS satellite images, snow cover, Naryn River, Tian-Shan, Kyrgyzstan.

**Введение.** В Нарынской области подтопление, связанное со сложившимися метеоусловиями отмечается в 58-и населенных пунктах [1]. Одним из факторов, способствующих повышению уровня речных и грунтовых вод в период вегетации является интенсивное таяние сезонного снега. Другим фактором служит антропогенная деятельность, которая вносит негативные изменения в усиление подтоплений, связанных с инфильтрацией при поливе сельхозугодий.

Вдоль русел рек современных долин, таких как Алабуга и Ат-Баши, участки подтопления протягиваются по их днищу, включая поймы и надпойменные террасы да 1-3 метров. Развитие и интенсивность подтопления здесь зависит от расхода воды и притока воды со стороны бортов долины летом (в июле-августе), так как Ат-Баши и Алабуга являются региональными дренами. Наличие водоупорного барьера из скальных пород на днищах впадин затрудняют подземный сток и способствуют также подтоплению, связанному с выпадением атмосферных осадков и таянием снега и льда [1].

Своевременное предупреждение об ожидаемой экстремальной водности в период половодья на реках Ат-Баши и Алабуга, которое может привести к наводнениям и подтоплениям населенных пунктов, водохозяйственных сооружений и сельскохозяйственных земель, имеет важное значение для принятия мер по очистке коллекторно-дренажных систем водохозяйственными организациями, силами МСЧ и местными аилакмоту.

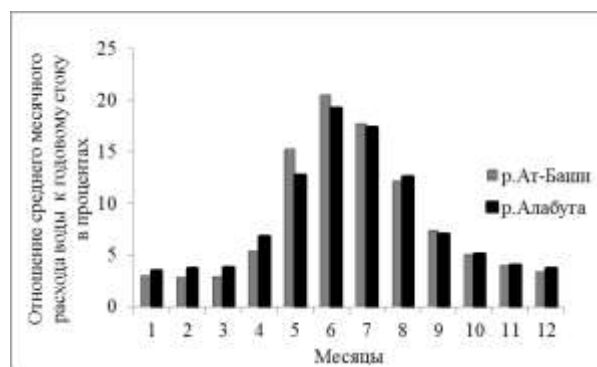
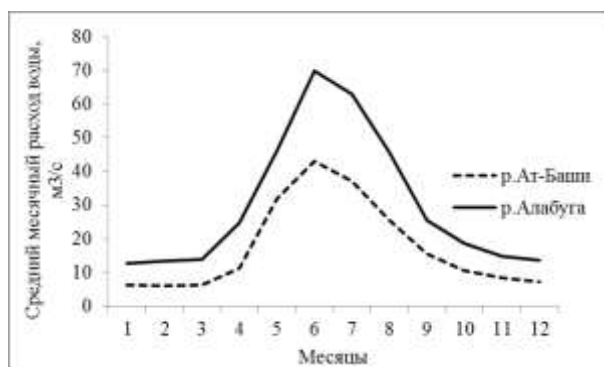
Составление прогноза водности рек Ат-Баши и Алабуга на период половодья затруднено, так как с

1990-х годов наблюдение за стоком этих рек не производится в связи с закрытием на них гидропостов. Другой проблемой является мониторинг за снежным покровом, являющимся основным источником питания этих рек в период половодья. В связи с чем, необходима реконструкция стока рек Алабуга и Ат-Баши по данным соседних водосборов, где наблюдения за стоком производятся регулярно, а также анализ возможности применения данных о снежном покрове спутниковых снимков в качестве основного аргумента для составления прогноза водности на период половодья.

Целью исследования является: реконструкция стока рек Алабуга и Ат-Баши и составление методики прогноза водности рек, на основе данных о площади снежного покрова снимков MODIS.

**Объект исследования и данные.** Реки Алабуга и Ат-Баши относятся к Нарынскому бассейну, расположенному в Тянь-Шанской горной системе на территории Кыргызстана, Центральная Азия.

Длина реки Ат-Баши составляет 180 км, площадь водосбора 5540 км<sup>2</sup>, длина реки Алабуга – 182 км, площадь водосбора – 5820 км<sup>2</sup> [2]. Среднегодовой расход воды в створе р.Ат-Аши - устье р.Ача Команды за период наблюдений с 1938 по 1995 гг. составил 17,7 м<sup>3</sup>/с, за период половодья (май – сентябрь) - 31,0 м<sup>3</sup>/с. Среднегодовой расход воды в створе р.Алабуга – к.Кош-Дебео за период наблюдений с 1960 по 1993 гг. составил 29,5 м<sup>3</sup>/с, за период половодья (май-сентябрь) – 48,9 м<sup>3</sup>/с. [3]. Основной сток рек приходится на месяцы май-сентябрь с максимумом в июне (рис. 1).



**Рис. 1.** Средние месячные расходы воды и внутригодовое распределение стока рек Ат-Баши и Алабуга.

Данные о расходах воды на реках Нарынского бассейна за период с 1931 по 2018 годы были использованы из фондов Кыргызгидромета [3].

Данные о площади снежного покрова снимков MODIS (Terra и Aqua) были использованы за период

с 2000 по 2018 годы. Пространственное разрешение снимков для снежного покрова 500 метров и повторяемость съемки два раза в сутки позволяет получать суточную информацию о динамике снежного покрова [4].

**Методы исследования.** В нашем исследовании мы использовали физико-статистические методы долгосрочного гидрологического прогнозирования, рассчитанные с помощью множественной линейной регрессии с двумя аргументами (сезонные запасы снега за холодный период и предшествующий сток рек) [5-7]. Спутниковые снимки MODIS были обработаны в программе по удалению облачного покрова MODSNOW-Tool и далее по расчетным алгоритмам были переведены в формат ASCII для расчета площади снежного покрова [8]. Установка программы MODSNOW-Tool в Национальных Гидрометслужбах Центральной Азии значительно упростило получение данных о снежном покрове, которые автоматически загружаются с интернета и автоматически обрабатываются с получением информации как в текстовом формате, так и в форматах PDF и ASCII [9]. В наших расчетах мы использовали формат ASCII для расчетов площади снежного покрова для подготовленных в программе

ArcGIS (в инструментах Hydrology Spatial Analyst) бассейнов рек Ат-Баши и Алабуга [10].

Аналогичная методика была применена автором для составления методики прогноза водности реки Нарын в створе г.Нарын и притока воды в Токтогуль-

ское водохранилище на вегетационный период и половодье (апрель (май)-сентябрь) [11-12].

Для реконструкции стока рек Ат-Баши и Алабуга был использован метод корреляционного анализа на основе данных наблюдений за 1931-2017 годы [13]. Метод множественной линейной регрессии с расчетами ее основных параметров был использован для анализа зависимости и подготовки прогностических уравнений водности на период половодья с данными о снежном покрове снимков MODIS и предшествующем стоке (за апрель) на период 2000-2016 годы. Методика была протестирована на данных независимых 2017 и 2018 годов [13].

**Результаты исследования.** Анализ корреляционной матрицы стока рек Алабуга и Ат-Баши за период май-сентябрь выявил тесноту зависимости со стоком реки Нарын - с.Уч-Терек  $R=0,69$  и  $0,83$ , соответственно. Для реконструкции стока реки за апрель по р.Ат-Баши были использованы данные гидропоста р.Нарын - г.Нарын, где выявлен коэффициент корреляции  $R=0,55$ . Для восстановления стока за апрель на реке Алабуга были использованы данные гидропоста р.Нарын - с.Уч-Терек, где  $R=0,42$ . Таким образом, для прогноза стока рек Ат-Баши и Алабуга на период половодья были получены следующие уравнения:

$$Q_{5-9} \text{ Ат-Баши} = 0,71 * Q_4 \text{ Ат-Баши} + 0,23 * Sn_{120} + 8,53 \quad (1)$$

$$Q_{5-9} \text{ Алабуга} = 0,816 * Q_4 \text{ Алабуга} + 0,32 * Sn_{120} + 21,5 \quad (2)$$

$$Q_4 \text{ Ат-Баши} = 0,19 * Q_4 \text{ р.Нарын - г.Нарын} + 3,1 \quad (3)$$

$$Q_4 \text{ Алабуга} = 0,06 * Q_4 \text{ р.Нарын - с.Уч-Терек} + 11,3 \quad (4)$$

где,  $Q_{5-9}$  – средний расход воды за период май-сентябрь в  $m^3/c$ ;

$Q_4$  – средний расход воды за апрель в  $m^3/c$ ;

$Sn_{120}$  – площадь снега на 120-ый день Юлианского календаря (30 апреля) в процентах от площади бассейна реки.

Статистические зависимости были построены по данным за период 2000-2016 годы, проверочные прогнозы по полученным уравнениям были рассчитаны для 2017 и 2018 независимых годов (рис. 2).

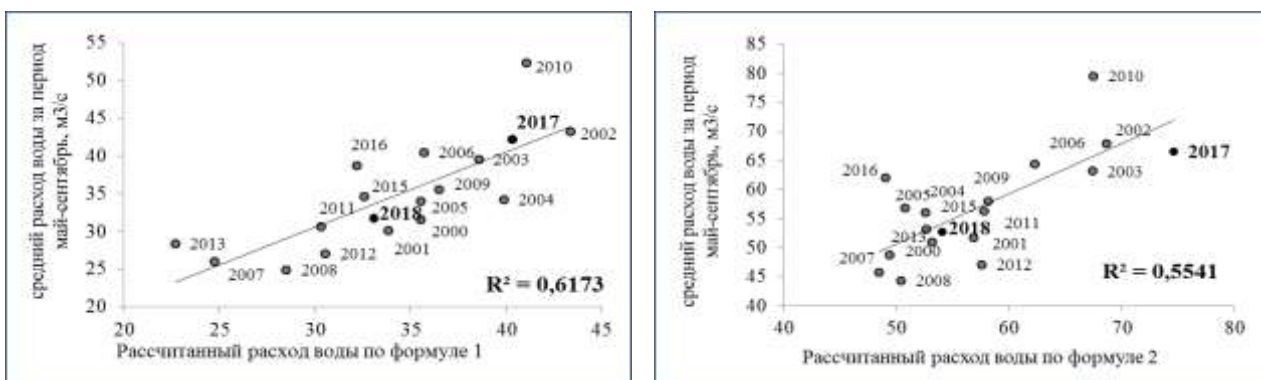


Рис. 2. Корреляционные зависимости по рекам Ат-Баши (слева) и Алабуга (справа), рассчитанные по формулам 1 и 2.

Для расчетов были использованы данные о площади снежного покрова снимков MODIS за 2017 и 2018 годы (рис. 3). В таблице 1 указаны результаты расчета прогноза водности, расчетные параметры

уравнения, среднемноголетний расход воды (норма) и максимальный расход воды за май-сентябрь за период наблюдения 1941-1994 (Ат-Баши) и 1960-1992 (Алабуга).

Таблица 1

Прогноз и его отношение к норме на 2017 и 2018 годы

Годы	Площадь снежного покрова в %	Расход воды за апрель, м <sup>3</sup> /с	Рассчитанный расход воды за май-сентябрь, м <sup>3</sup> /с	Норма, м <sup>3</sup> /с	Максимальный расход воды за май-сентябрь, м <sup>3</sup> /с	Отношение к норме в %
<b>р.Ат-Баши – устье р.Ача-Команды</b>						
2017	96	14,6	41,0	27,9	45,2	147%
2018	68	13,6	33,8	27,9	45,2	121%
<b>р.Алабуга – к.Кош-Дебео</b>						
2017	83	32,6	74,6	44,8	71,6	167 %
2018	25	28,5	52,7	44,8	71,6	117 %

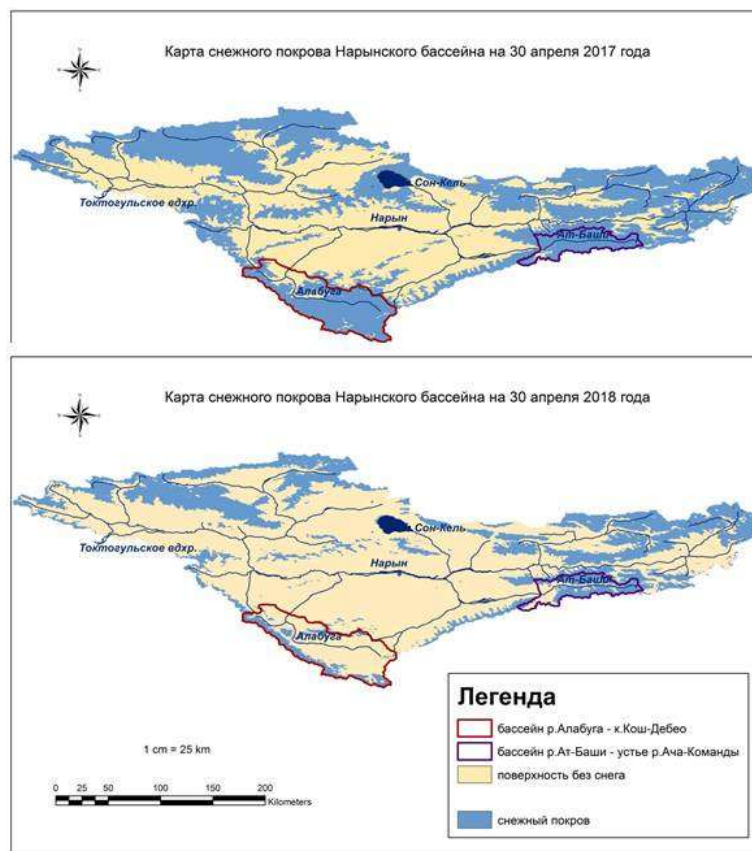


Рис. 3. Карта снежного покрова на 120-ый день Юлианского календаря (30 апреля) 2017 и 2018 гг.

В результате прогноз средних расходов воды за период на май-сентябрь по рекам Ат-Баши и Алабуга на 2018 год был в пределах нормы, а на 2017 год ожидался значительно выше – 147-167% нормы, приближаясь к максимальным расходам воды за весь период

наблюдений, чему способствовало значительное накопление снега в бассейнах этих рек.

Таким образом, водохозяйственные организации, силы по чрезвычайным ситуациям и айылкомту могут использовать этот прогноз водности рек Ат-

Баши и Алабуга для решения по принятию соответствующих превентивных мер по предупреждению наводнений и сокращению степени их последствий.

**Заключение.** Реконструкция расходов воды по гидропостам р.Ат-Башы - устье р.Ача-Команды и р.Алабуга - к.Кош-Дебео за периоды 2000–2018 г.г. была проведена по данным действующих гидропостов р.Нарын - с.Уч-Терек и р.Нарын - г.Нарын.

Сток рек Алабуга и Ат-Башы зависит от площади снега, который был получен по данным снимков MODIS, послуживший одним из аргументов в прогностических уравнениях.

Теснота зависимости ( $R^2$ ) расходов воды за период половодья с площадью снежного покрова и расходами воды за апрель для реки Ат-Башы составили 0,62 и для реки Алабуга - 0,55.

По прогностическим уравнениям был составлен прогноз водности рек на период половодья (май-сентябрь) на 2017 и 2018 годы. В 2017 году водность ожидалась значительно выше, 147-167% нормы, и достигала критериев максимальных значений за многолетний период наблюдений. Таким образом, водохозяйственным организациям, силам по чрезвычайным ситуациям и айылакмату может составляться предупреждение об ожидаемом многоводье и возможных наводнениях, и подтоплениях в бассейнах рек Ат-Башы и Алабуга. Получив такую информацию, они могут своевременно планировать мероприятия по предупреждению наводнений и сокращению степени их последствий.

**Благодарность:** Эта работа была проведена при поддержке проекта CAWa (Central Asian Water) ([www.cawa-project.net](http://www.cawa-project.net), контракт нет. AA7090002), финансируемым федеральным Министерством иностранных дел Германии в рамках 343-й германской водной инициативы для Центральной Азии («Берлинский процесс»).

#### Литература:

1. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Правительство КР. МЧС КР, 2018.
2. Атлас Киргизской ССР. Природные условия и ресурсы. - Москва, 1987. - Т.1.
3. Гидрологические ежегодники за 1938-2017 гг. фондов Кыргызгидромета.
4. Hall D.K. MODIS/Terra Snow Cover Daily L3 Global 500m Grid, Version 6, Boulder, Colorado USA. NASA National Snow and Ice Data Center Distributed Active Archive Center. 2016. <http://dx.doi.org/10.5067/MODIS/MOD10A1.006>.
5. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. / Уч. для вузов.-Ленинград, 1974.
6. Руководство по гидрометеорологическим прогнозам, Практическое руководство. Ленинград, 1989.
7. Руководство по гидрологической практике. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. - Женева, 2012.
8. Gafurov A., Bárdossy A. Cloud removal methodology from MODIS snow cover products. Hydrology and Earth System Sciences, 2009.
9. Gafurov A., Lüdtke S., Unger-Shayesteh K., Vorogushyn S., Schöne T., Schmidt S., Kalashnikova O. and Merz B.: MODSNOW-Tool: an operational tool for daily snow cover monitoring using MODIS data, Environmental Earth Science, 2016.
10. Venkatesh M. Stream Network and Watershed Delineation using Spatial Analyst Hydrology Tools: manual of user. Purdue University. 2012.
11. Калашникова О., Гафуров А. Использование наземных и спутниковых данных о снежном покрове для прогноза стока реки Нарын. Журн. Лед и Снег. 2017. - Т. 57. - №4.
12. Калашникова О.Ю. К разработке методов долгосрочного прогноза стока горных рек и притока воды в водохранилище на примере реки Нарын. / Журн. «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана». - Б. 2015. №5.
13. Подрезов О.А. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений. / Конспект лекций. - Бишкек, 2003.