

Ниязов Дж.Б., Калашникова О.Ю.

**КООПТУУ ГИДРОЛОГИЯЛЫК КУБУЛУШТАРГА
БАЙЛАНЫШТУУ ЭКОЛОГИЯЛЫК ТОБОКЕЛДИКТЕРДИ
БААЛОДО MODIS СҮРӨТТӨРҮН КОЛДОНУУ**

Ниязов Дж.Б., Калашникова О.Ю.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СНИМКОВ MODIS В ОЦЕНКЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ СВЯЗАННЫХ С ОПАСНЫМИ
ГИДРОЛОГИЧЕСКИМИ ЯВЛЕНИЯМИ**

Dj.B. Niyazov, O.Yu. Kalashnikova

**USE OF MODIS IMAGERY IN ASSESSING ENVIRONMENTAL
RISKS ASSOCIATED WITH ASSOCIATED WITH
WATER-RELATED HAZARDS**

УДК: 504 (75.06), 556 (06)

Суу ташкыны жана кургакчылык сыяктуу кооптуу гидрологиялык кубулуштар эл чарбасына олуттуу зыян келтирет жана Борбордук Азиянын бийик тоолуу кургакчыл аймактары үчүн экологиялык кырсык болуп саналат. Мындай процесстерди жана кубулуштарды мониторингдөө жана өз убагында алдын ала тиешелүү профилактикалык чараларды колдонуу жана алардын таасирин жана келтирилген зыянын деңгээлин төмөндөтүүгө мүмкүндүк берет. Памирдин жана Тянь-Шандын кургак бийик тоолуу аймактарындагы дыйканчылык жерлерди сугаруунун негизги булагы болуп Гунт жана Нарын дарыяларынын бассейндеринин (жогорку агымдары) агымдары саналат. Макалада MODIS спутниктик сүрөттөрү жай мезгилинде кооптуу гидрологиялык кубулуштарды прогноздоо жана алдын алуу үчүн колдонуу мүмкүнчүлүгү жана натыйжалуулугу каралат. MODIS сүрөттөрүнүн кар катмарынын маалыматтарын колдонуп, ушул дарыялардын суунун көп же аз келишин алдын алууга, андан тышкары суу чарба уюмдарына жана Тажикстан менен Кыргызстандын Өзгөчө кырдаалдар министрлигине өз убагында маалымат берүүгө мүмкүндүк берет.

Негизги сөз: суу ташкыны, гидрологиялык кургакчылык, экологиялык кырсыктар, суунун божомолу, MODIS космосүрөттөрү, кар катмары, Нарын дарыясы, Гунт дарыясы, Тянь-Шань, Памир.

Опасные гидрологические явления, такие как наводнения и засухи, приносят значительный ущерб народному хозяйству и для уязвимых высокогорных засушливых регионов Центральной Азии являются экологическим бедствием. Мониторинг и своевременное предупреждение таких процессов и явлений позволяет принять соответствующие превентивные меры и сократить степень их воздействия и причиняемый ущерб. Основным источником полива сельхозугодий в засушливых высокогорных районах Памира и Тянь-Шаня, таких как бассейны рек Гунт и Нарын (в верхнем течении), является речной сток. В статье рассматривае-

тся возможность и эффективность применения спутниковых снимков MODIS для прогноза и предупреждения опасных гидрологических явлений в летний период. Прогноз водности этих рек с использованием данных снежного покрова снимков MODIS позволяет предупредить многоводье или маловодье на этих реках и предоставить своевременную информацию для водохозяйственных организаций и МЧС республик Таджикистан и Кыргызстан.

Ключевые слова: наводнения, гидрологическая засуха, экологические бедствия, прогноз водности, снимки MODIS, снежный покров, река Нарын, река Гунт, Тянь-Шань, Памир.

The water related hazards such as floods and droughts cause significant damage to the national economy and are an ecological disaster for the vulnerable high-mountain arid Central Asia regions. Monitoring and timely prevention of such processes and phenomena allows taking appropriate preventive measures and reduce the impact of their impact and minimizing its damage. The main source of irrigation for farmland in the arid high-mountainous regions of the Pamirs and Tien Shan, such as the Gunt and Naryn river basins (upstream) is a river runoff. This article deals with possibility and efficiency of using MODIS satellite images for forecasting and warning of water related hazards in the summer. Water content prediction of these rivers using snow cover data of MODIS images allows to prevent high or low water on the rivers and provide timely information for Water Management organizations and the Ministry of Emergency Situations of Tajikistan and Kyrgyzstan.

Key words: flooding, hydrological drought, environmental disasters, forecast of discharge, MODIS images, snow cover, Naryn River, Gunt River, Tian-Shan Mountain, Pamir Mountain.

Введение. Глобальное потепление, увеличение продолжительности теплого периода, деградация оледенения и экстремальное накопление осадков в холодный период приводят к экологическим бедствиям, связанным с участвовавшими опасными явлениями на

реках Тянь-Шаня и Памира. Опасные природные явления нередко влекут за собой человеческие жертвы, наносят ущерб здоровью и окружающей природной среде, приводят к значительным материальным потерям и нарушению условий жизни населения. Предотвращение возникновения ЧС или бедствий – это комплекс проводимых совместно разнообразных мероприятий с долговременными или кратковременными программами и действиями. Адаптация к изменениям климата и снижение риска бедствий в целях формирования устойчивой среды для развития, интегрированное управление водными ресурсами ставит перед органами государственного управления различные задачи по использованию мониторинга за опасными процессами и явлениями в целях снижения риска бедствий [1, 2].

С развитием спутникового зондирования Земли в свободном доступе появились снимки NOAA, Landsat и MODIS. Мониторинг снежного покрова со спутниковых снимков начал применяться для разработки методов раннего предупреждения и прогнозирования опасных гидрологических явлений, таких как гидрологическая засуха или наводнения в бассейнах горных рек Тянь-Шаня и Памира.

Наиболее уязвимы высокогорные засушливые районы с суровыми климатическими условиями. Недостаток информации о снежном покрове для высокогорных речных бассейнов может быть восполнен информацией о суточной динамике снежного покрова по данным снимков MODIS,

Целями нашего исследования является изучение возможности применения снимков MODIS для прогноза и предупреждения экстремальной водности

высокогорных рек Тянь-Шаня и Памира. В качестве примера мы исследовали бассейн реки Гунт (Памир) и верховье реки Нарын (Тянь-Шань), где наводнения и гидрологические засухи приносят значительный ущерб народному хозяйству.

Объект исследования и данные. Бассейн реки Гунт относится к Памирской горной системе и находится на территории Таджикистана. Бассейн реки Нарын относится к Тянь-Шанской горной системе и находится на территории Кыргызстана. Реки Гунт и Нарын (до г.Нарын) относятся к высокогорным рекам. Средняя высота бассейна реки Гунт составляет 4170 м.н.у.м., диапазон высот от 2063 до 6683 м.н.у.м. Средняя высота бассейна реки Нарын (г.Нарын) 3570 м.н.у.м., диапазон высот от 1974 до 5133 м.н.у.м. [4].

Длина реки Гунт составляет 296 км, площадь бассейна 16 тыс.км², с площадью оледенения около 4% от общей площади бассейна [3]. Среднегодовой расход воды составляет 104 м³/с за период наблюдений 1940-2016 г.г., максимальный сток отмечается в июле.

От истоков до г.Нарын река имеет протяженность 190 км, площадь бассейна 10,5 тыс.км² с площадью оледенения 10 % от площади бассейна. Среднегодовой расход воды составляет 92,9 м³/с за период наблюдений 1940-2016 г.г., максимальный сток отмечается в июле.

Основной сток рек Гунт и Нарын (г.Нарын), 60-64% от годового стока, приходится на месяцы июнь-август, когда наиболее вероятны наводнения и подтопления нижележащих территорий, населенных пунктов, сельхозугодий, водохозяйственных сооружений [5] (рис. 1).

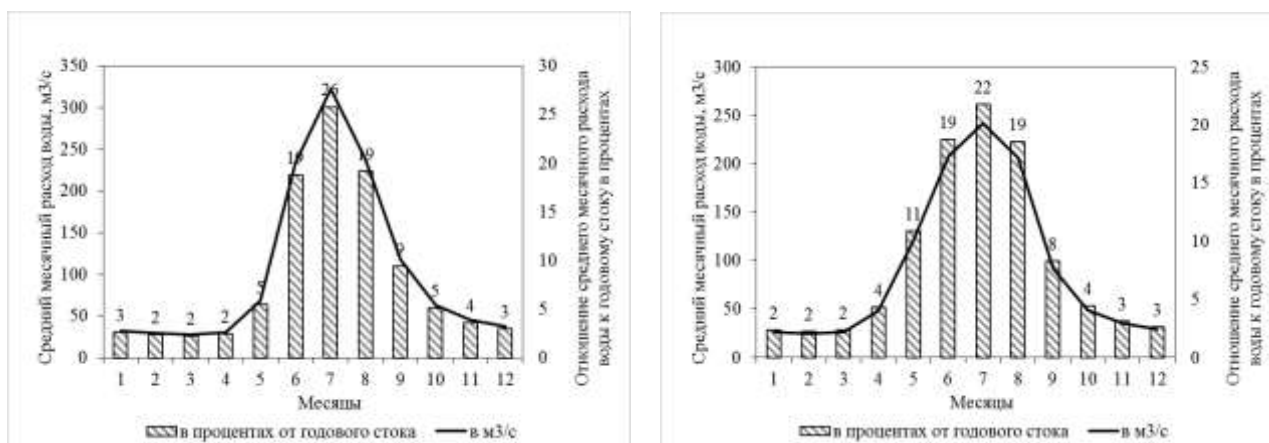


Рис. 1. Средние месячные расходы воды и внутригодовое распределение стока рек Гунт - г.Хорог (слева) и Нарын - г.Нарын (справа).

В нашем исследовании мы использовали данные площади снежного покрова снимков MODIS, обработанные в программе MODSNOW-Tool (программа по удалению облачного покрова и загрузке преобразованию в другой формат данных) и расходов воды по створам р.Гунт - г.Хорог и р.Нарын - г.Нарын Таджгидромета и Кыргызгидромета за период с 2000 по 2017 годы [6-8].

Методика исследования. Данные о площади снежного покрова снимков MODIS были рассчитаны с интервалом 500 метров за каждые сутки (SCA, snow cover area) для периода с 2000 по 2017 годы (рис. 2).

Помимо информации о площади снежного покрова, учитывалась также продолжительность его залегания или общее число дней со снежным покровом. Формула для расчета продолжительности снежного покрова (индекса SCI) для всего гидрологического

года имеет вид [10]:

$$SCI_t = \sum_{n=1}^{n=365/366} SCA_i$$

где, SCA – snow cover area, площадь снежного покрова в процентном соотношении от площади бассейна;

SCI – snow cover index, число дней со снежным покровом за гидрологический год (с 1 сентября по текущую дату).

Например, индекс снежного покрова для оценки водности в июне рассчитывается с 1 сентября по 31 мая, для оценки водности в июле – с 1 сентября по 30 июня текущего года и т.д.

Статистический анализ был проведен с использованием простой линейной корреляции месячного стока рек Гунт и Нарын с данными снежного покрова снимков MODIS (индексом SCI) по этим бассейнам рек [11].

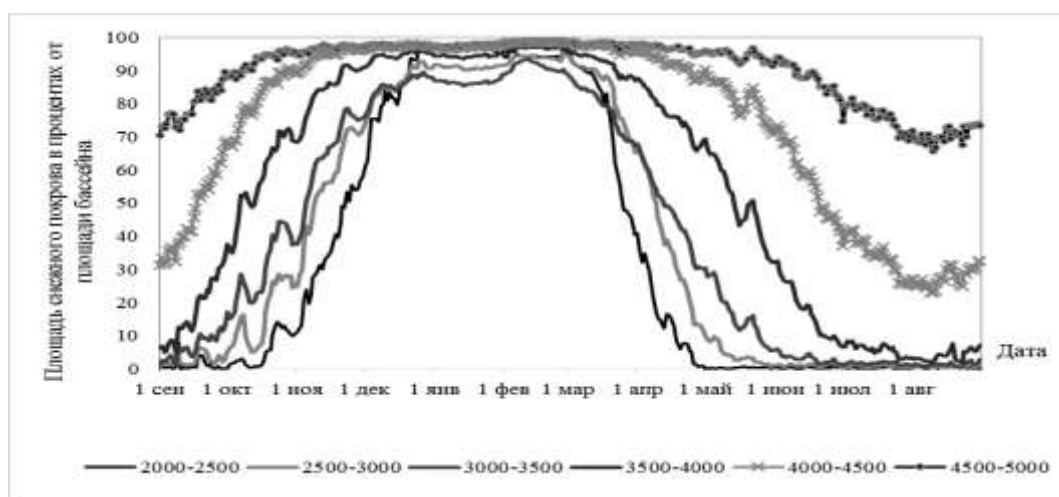


Рис. 2. Площадь снежного покрова по высотным зонам через 500 метров в бассейне р.Нарын - г.Нарын.

Результаты исследования. Статистически значимая зависимость месячного стока реки Гунт с площадью снежного покрова была выявлена по высотным зонам:

- на июнь с высотной зоной 4071-4571 м.н.у.м., $R^2 = 0,50$;
- на июль с высотной зоной 4571-5071 м.н.у.м., $R^2 = 0,76$;
- на август высотной зоной 3071-3571 м.н.у.м., $R^2 = 0,32$.

Статистически значимая зависимость месячного

стока реки Нарын – г.Нарын с площадью снежного покрова была выявлена по высотным зонам:

- на июнь с высотной зоной 3500-4000 м.н.у.м., $R^2 = 0,64$;
- на июль с высотной зоной 3500-4000 м.н.у.м., $R^2 = 0,49$;
- на август высотной зоной 4000-4500 м.н.у.м., $R^2 = 0,41$.

На рисунках 3 и 4 представлены линейные зависимости для рек Гунт и Нарын (г.Нарын).

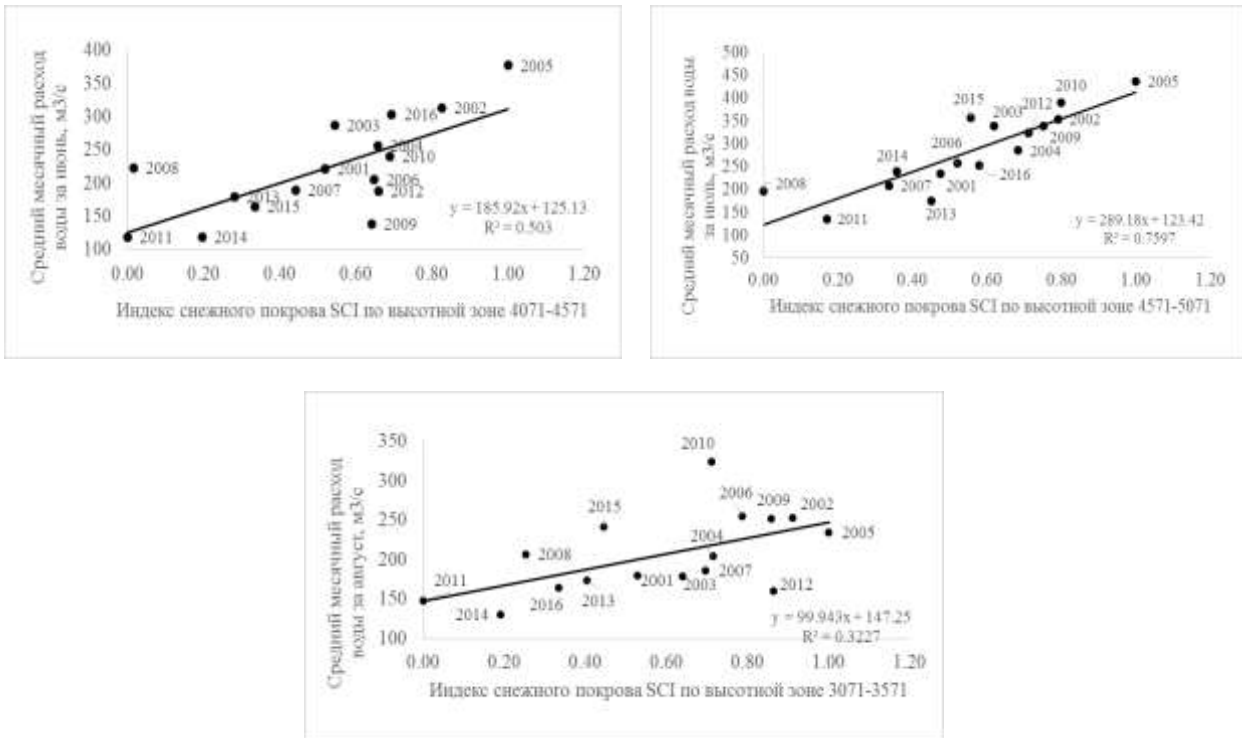


Рис. 3. Линейные зависимости среднего месячного стока р.Гунт с индексом SCI по высотным зонам.

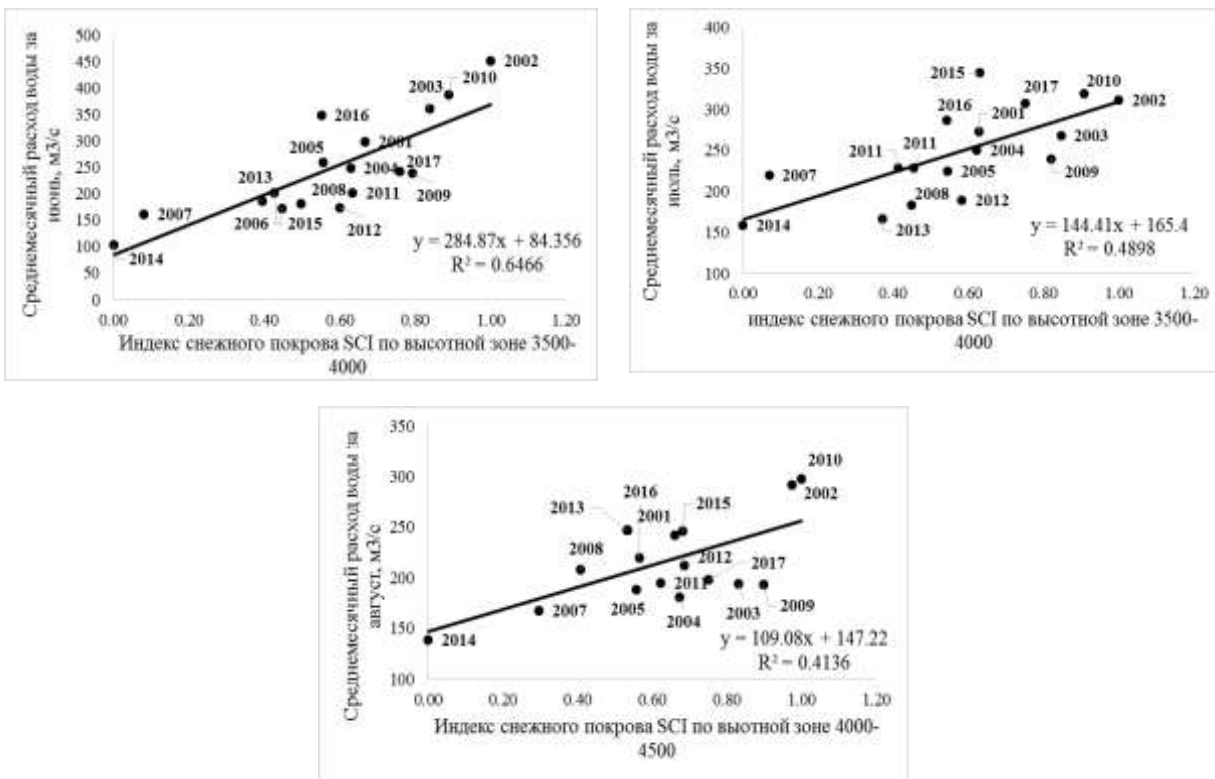


Рис. 4. Линейные зависимости среднего месячного стока р.Нарын – г.Нарын с индексом SCI по высотным зонам.

Таким образом, оценка площади снежного покрова, проведенная в конце предыдущего месяца, позволяет сделать прогноз на текущий месяц и предупредить об ожидаемых гидрологических засухах или наводнениях.

Так, например, на реках Гунт и Нарын в 2002 и 2010 годах накопление снега в горах было выше нормы, водность также была значительно выше средних многолетних величин, что позволяет предупредить о высоких уровнях воды и возможных наводнениях. И, наоборот, в 2014 году снеготопы были ниже нормы и водность была значительно ниже нормы, что указывает на недостаток воды для сельскохозяйственных нужд и ожидании гидрологической засухи в летние месяцы, когда речная вода используется для полива.

Заключение. Предупреждение опасных гидрологических явлений, таких как наводнения или гидрологическая засуха являются важными для уменьшения экологических рисков и принятия мер по предотвращению их последствий или сокращению степени их воздействия.

Надежным инструментом для прогнозирования водности рек на летние месяцы, когда на исследуемых объектах (р.Гунт и верховье р.Нарын) проходит основной сток, являются данные снежного покрова снимков MODIS.

Эффективность методик, основанных на данных о пространственном распределении снега снимков MODIS подтверждается статистически значимыми зависимостями среднемесячного стока рек с площадью и продолжительностью снежного покрова, рассчитанного в значениях индекса снежного покрова.

Коэффициенты корреляции линейных зависи-

мости среднемесячного стока за июнь-август с индексом снежного покрова составили $R^2 = 0,32-0,76$.

Литература:

1. Национальная стратегия развития Кыргызской Республики на 2018-2040 годы. - Бишкек, 2018.
2. Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года. Душанбе. 2016.
3. Атлас Таджикской ССР. АНТССР. - Душанбе-Москва: ГУГик, 1968.
4. Атлас Кыргызской ССР. Природные условия и ресурсы. - Москва, 1987. - Т.1.
5. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Правительство КР. МЧС КР, 2018.
6. Гидрологические ежегодники за 2000-2017 гг. Данные фондов Кыргызгидромета.
7. Гидрологические ежегодники за 2000-2017 гг. Данные фондов Таджикигидромета.
8. 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>.
9. Gafurov A., Lüdtkе 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. Гафуров А., Нурбацина А., Калашникова О. Оценка водных ресурсов в Центральной Азии методами дистанционного зондирования. / Монография «Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири». - Москва, 2018. - Т.2. DOI: 10.25680/9340.2018.70.35.184
11. Подрезов О.А. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений. / Конспект лекций. - Бишкек, 2003.