

**Таукенов Т.\* , Ержанова Ж.**

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Астана  
\*e-mail: talgattaukenov@gmail.com

## **ОПАСНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ РУСЛОВЫХ И ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВБЛИЗИ ДОРОГ И МОСТОВ БАСЕЙНА РЕКИ БУКТЫРМА**

Реки бассейна Буктырма пересекают множество дорог, на их берегах расположены жилые дома, хозяйственные постройки и другие сооружения. По долинам рек на больших расстояниях проложены трассы железных и автомобильных дорог, линии связи и электропередач, сооружены гидротехнические и гидромелиоративные сооружения. Эрозионные процессы, связанные с действием постоянных и временных водотоков в долинах рек бассейна Буктырмы, активно проявляются вблизи участков дорог и мостовых переходов. Исследование эрозионных процессов в долине реки Буктырма, анализ их динамики и оценка современного состояния размывов территорий являются актуальными как с научной, так и практической точек зрения. Исследование динамики и современного состояния опасных русловых и эрозионных процессов в бассейне реки Буктырма позволяет дать прогноз деформаций русел рек, который очень важен при проектировании противоэрозионных мероприятий и генеральных планов населенных пунктов в условиях сложной гидрологической обстановки. В статье приведены результаты исследования опасных проявлений русловых и эрозионных процессов в бассейне реки Буктырма вблизи участков дорог и мостов. Показаны примеры выявления по космическим снимкам размываемых берегов рек и их морфометрических характеристик. В результате в 46 участках рек выявлены признаки активного развития эрозионных процессов. Определены местоположения и уровни опасности, подверженные разрушению участки дорог и мостов, и нанесены на гипсометрическую карту бассейна реки Буктырма.

**Ключевые слова:** бассейн реки Буктырма, русловые и эрозионные процессы, размыв берегов рек, берегоукрепительные сооружения, дешифрирование космических снимков.

Taukenov T.\* , Yerzhanova Zh.

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana  
\*e-mail: talgattaukenov@gmail.com

## **Dangerous manifestations of channel and erosion processes near the roads and bridges of the Buktyrma river basin**

The rivers of the Buktyrma Basin cross many roads, residential houses, household outbuildings and other structures are located on their coastline area. Along the river valleys, at a considerable distance, there are railroads, highways, communication and power lines, hydrotechnical and hydro-reclamation facilities. Erosion processes associated with the action of permanent and temporary watercourses in river valleys of Buktyrma Basin are actively manifested near road sections and bridge crossings. Analysis of the dynamics of erosion processes and assessment of the current state of erosion of territories in the valley of the Buktyrma River are urgent tasks both from a scientific and a practical point of view. Investigation of the dynamics and modern condition of dangerous channel and erosion processes in the Buktyrma river basin allow us to give a forecast of the deformations of river beds, which is very important in the design of erosion control measures and general plans of populated areas in conditions of complicated hydrological situations. The article presents the results of a study of dangerous manifestations of channel and erosion processes in the Buktyrma river basin near road sections and bridges. Examples of revealing from the space images washed out river banks and their morphometric characteristics are shown. As a result, active development of erosion processes are identified in 46

sections of rivers. The locations and levels of danger that are susceptible to the destruction of sections of roads and bridges are determined and plotted on the hypsometric map of the Buktyrma river basin.

**Key words:** Buktyrma river basin, channel and erosion processes, erosion of coastlines, bank protection structures, interpretation of space images.

Таукенов Т.\*, Ержанова Ж.

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Астана қ.

\*e-mail: talgattaukenov@gmail.com

### **Бұқтырма өзені алабында жолдар мен көпірлердің маңдарында қауіпті арналық және эрозиялық үрдістердің байқалуы**

Бұқтырма алабы өзендері көптеген жолдарды кесіп өтеді, олардың жағалауларында тұрғын үйлер, шаруашылық құрылыстар және тағы да басқа ғимараттар орналасқан. Өзен аңғарларында ұзақ қашықтықтарға темір және автомобиль жолдары, байланыс және электр беру сызықтары, гидротехникалық және гидромелиоративтік ғимараттар салынған. Бұл өзендердің аңғарларында тұрақты және уақытша ағын сулардың әрекеттерімен байланысты эрозиялық үрдістер жолдар мен көпірлер маңында байқалады. Бұқтырма өзені аңғарындағы эрозиялық үрдістерді зерттеу, олардың динамикасын талдау және территориядағы шайылулардың қазіргі жағдайын бағалау ғылыми және тәжірибелік тұрғыдан өзекті. Қауіпті арналық және эрозиялық үрдістердің динамикасы мен қазіргі жағдайын зерттеу өзендер арналарының деформациялануын болжауға мүмкіндік береді. Бұл күрделі гидрологиялық жағдайларда эрозияға қарсы шаралар мен елді мекендердің бас жоспарларын жобалауда өте маңызды. Мақалада Бұқтырма өзені алабында қауіпті арналық және эрозиялық үрдістердің жолдар мен көпірлер учаскелері маңында көрініс табуын зерттеудің нәтижелері келтірілген. Ғарыштық суреттерден шайылуға ұшыраған өзен жағалары мен олардың морфометриялық сипаттамаларын анықтаудың мысалдары көрсетілген. Нәтижесінде 46 өзен учаскесінде эрозиялық үрдістердің белсенді дамуының белгілері анықталды. Бұзылуға жақын жолдар мен көпірлер учаскелерінің орындары мен қауіптілік деңгейлері анықталды және Бұқтырма өзені алабының гипсометриялық картасына түсірілді.

**Түйін сөздер:** Бұқтырма өзені алабы, қауіпті арналық және эрозиялық үрдістер, өзен жағаларының шайылуы, жағаны бекіту ғимараттары, ғарыштық суреттерді бағалау.

## **Введение**

На территории бассейна реки Буктырма отмечено большое разнообразие геологических, климатических и ландшафтных условий. На территории происходит несколько видов опасных геологических процессов (ОГП), среди которых наиболее разрушительными являются оползни, сели, обвально-осыпные процессы, подтопления, эрозия речная и овражная, суффозия, снежные лавины и различные мерзлотные явления (Varis, 2012: 433).

Согласно Положению о государственном мониторинге недр в Республике Казахстан от 20 декабря 2010 г. № 1373 наблюдения за развитием опасных геологических процессов (экзогенных и эндогенных) являются одним из основных задач государственного мониторинга недр. В рамках государственной программы «Мониторинг недр и недропользования» с 2002 г. Восточно-Казахстанским межрегиональным департаментом геологии и недропользования Комитета геологии и недропользования Министерства по инвестициям и развитию Республи-

ки Казахстан «Востказнедра» ведутся наблюдения за опасными проявлениями русловых и эрозионных процессов (ОРЭП) в бассейне реки Буктырма. Работы по изучению этих процессов носят специальный характер и предназначены для отслеживания их динамики, оценки состояния и прогноза развития, обеспечивают получение всесторонней достоверной научно-практической информации.

Мониторинговые данные за развитием ОРЭП в бассейне реки Буктырма позволяют своевременно информационно обеспечить органы представительной и исполнительной власти по предупреждению чрезвычайных ситуаций и негативных последствий, связанных с нанесением ущерба (Рахымбердина, 2017:104).

В мировой практике система мониторинга ОРЭП включает в себя следующие основные типы наблюдений: визуальная фиксация развития проявлений процессов, высокоточные геодезические измерения морфометрических характеристик береговых уступов, спутниковая навигация и космический мониторинг (Зеркаль, 2000:35; Cheng-Wei Kuo, 2017:2; Faezal Norizan,

2016:253; David R. Montgomery, 2002:1; Lord, 2009:69). Использование космических снимков при исследовании русловых и эрозионных процессов пока в Казахстане не нашло широкого применения. Одной из причин этого является слабая обеспеченность методическими разработками применения космических снимков в русловых исследованиях рек страны.

На сегодняшний день активно развиваются как количественно, так и качественно доступные международные базы данных космических снимков и программные обеспечения их обработки и анализа. Накопленные в этих базах огромные архивы космических снимков и карт при обеспечении методическими материалами открывают широкие возможности для использования их в исследованиях русловых процессов рек Казахстана, а также и в других разных геоэкологических исследованиях (Үәріуев, 2017:5). В этой связи целью данной работы является демонстрация получения картографической информации по космическим снимкам при решении задач исследования русловых и эрозионных процессов рек и их протоков.

Аналогичные исследования в области ОРЭП и их влияния на объекты жизнедеятельности населения включали дешифрирование и анализ по разновременным и разномасштабным космическим снимкам признаков типов русловых процессов. Например, Sujit Mandal для разработки методики количественной оценки размыва берегов реки Ганг в районе города Мальда (Индия, Западная Бенгалия) использовал методы комических исследований Земли. Исследователем на основе разновременных космических снимков Landsat за 1973 – 2011 годы был выявлен характер смещения берегов реки и ее протоков, а также проведена оценка потерь площадей сельскохозяйственных угодий (Sujit Mandal, 2017:4). Chao Yang и соавторы исследовали деформации русла реки Янцзы под воздействием антропогенных факторов в районах городов Хинчанг, Оучикоу и Жианли. Авторами космические снимки Landsat за 1983–2013 годы были использованы для количественной оценки размыва берегов реки на разных участках и определения пространственно-временных показателей русловых деформаций реки (Chao Yang, 2015:241). Slavoljub Dragi'cevi' и соавторы для моделирования плановых деформаций русла и размывов берегов реки Колубара (Сербия) за период 1930–2016 годы проводили комплексный анализ кадастровых карт и аэрофотоснимков, а также данных геодезических изысканий с по-

мощью геоинформационных систем. Авторами в результате проведенного анализа получены количественные данные изменения морфологических характеристик поймы реки, скорости и объемов размывов берегов во времени (Slavoljub Dragi'cevi'c, 2017:153). Mohamed E. Hereher исследовал береговую эрозию западной части дельты реки Нил на основе космических снимков Landsat (Mohamed E. Hereher, 2011:1120). LI Anlong и соавторы проводили анализ прибрежного изменения реки Хуанхэ на основе космических снимков Landsat. Исследования ученых показали, что закономерность эволюции береговой линии ярко наблюдается на участке дельты, свободной от хозяйственной деятельности человека, и носит циклический характер. С учетом результатов исследования были предложены рекомендации по защите береговых участков реки (Li Anlong, 2004:468).

Анализ вышеизложенных исследований показал возможности использования космических снимков с низким пространственным разрешением в решении задач мониторинга и оценки состояния русловых и эрозионных процессов горных и равнинных рек. При исследованиях русловых и эрозионных процессов реки Буктырма применялся аналогичный сравнительно-картографический метод. Геоинформационному анализу подвергались разновременные карты и космические снимки.

Научные изучения проявлений русловых и эрозионных процессов в бассейне реки Буктырма проводятся только Государственной службой мониторинга опасных геологических процессов «Востказнедра» с 1982 года по настоящее время, с перерывом в 1993 – 2001 годы. Но на сегодняшний день существующая система наблюдений основывается на геодезических методах и охватывает не все участки рек, где происходят и развиваются эрозионные процессы.

Митрофанова А.Н., Калита Р.Ш. (Митрофанова, 2012:59), Шамов Г.И. (Шамов, 1959:200), Нурмагамбетова Л.С., Соседов И.С. (Нурмагамбетова, 1965:158), Складчикова Г.Н. (Складчикова, 1969:178), Чигринец Л.Ю., Азнабакиева М.М. (Чигринец, 2010:130) в своих работах рассматривают методы оценки эрозионной опасности территории бассейна Буктырмы на основе данных по гидрологическому режиму, минералогическому и гранулометрическому составу наносов рек.

В данной работе продемонстрировано применение космических снимков, способных выявить точки опасных проявлений русловых и

эрозионных процессов вблизи участков дорог и мостов по всей территории бассейна реки Буктырма как эффективного метода оценки эрозионной опасности русловых процессов на больших территориях, использование которого информативно и в условиях недостаточности геодезических и гидрологических данных.

### **Объект исследования**

Бассейн реки Буктырма расположен в пределах Юго-Западного Алтая, в южной половине умеренного климатического пояса. Река Буктырма является самым крупным из алтайских притоков реки Ертис и впадает в Буктырминское водохранилище справа. В верховьях Буктырма – горная река, текущая в узкой долине, в низовьях характер течения более спокойный. Общая длина реки составляет 336 км, площадь бассейна равна 12 660 км<sup>2</sup>, средний уклон 5,6%. Бассейн реки Буктырма имеет развитую речную сеть. Долины крупных рек бассейна Буктырмы хорошо выработаны и имеют комплекс аккумулятивных террас. На предгорных равнинах и высоких террасах развит покров четвертичных лессовидных суглинков и глин (наиболее широко распространены в Зырянской котловине). Террасы и предгорные шлейфы образуют над урезом воды в реках уступы высотой от 2-4 до 8-15 метров, по уступам широко развиты эрозионные процессы, которые сопровождаются их обрушением и формированием оврагов (Болдырев, 1978:110).

### **Методы и материалы исследования**

Для решения задач исследования по выявлению участков рек с активными проявлениями ОРЭП в бассейне реки Буктырма использовались широко известные методы экспертного (визуального) дешифрирования космических снимков (Книжников, 2004:55; Чандра, 2008:97; Малинников, 2009:25; Лабутина, 2013:20). Размываемые берега рек вблизи участков дорог и мостов выявлены на космических снимках по изображениям основных русел, вторичных протоков, спрямляющих излучин протоков, а также следов плановых деформаций русел в виде вееров перемещения на поймах. С помощью картометрических инструментов программы ArcGIS Desktop 10.2 определены географические координаты вер-

шин излучин и длина размываемых берегов, расстояния от бровок берегов рек до дорог. До выявления размываемых участков рек и определения их количественных характеристик, а также для проведения совмещения и анализа космические снимки были приведены к единой системе координат (Taukenov, 2018:29). Результаты наблюдений по разновременным космическим снимкам были оформлены в виде пространственных (векторные слои, карта) и количественных данных, а также составлены описания особенностей происходящих ОРЭП.

В работе использованы космические снимки с низким (30 м – Landsat), средним (5 м – Google Earth) и высоким (1 м – Google Earth) пространственным разрешением, цифровая модель рельефа с разрешением 30 м (SRTM), а также геологическая карта и топографические карты. Снимки и цифровая модель рельефа были получены с помощью следующих открытых геопорталов: Earth Explorer (Landsat), Planet Explorer (Landsat) и Google Earth. Геологическая карта и топографические карты (М-45-А, М-45-В, М-45-Г) были получены с помощью открытых картографических сервисов GeoKniga и Loadmap.

### **Результаты и обсуждения**

В результате проведенного авторами статьи исследования в бассейне реки Буктырма были выявлены участки, где существуют и развиваются опасные русловые и эрозионные процессы, несущие угрозу дорогам и мостам, соединяющие населенные пункты, промышленные объекты, туристические базы, сельскохозяйственные и лесные угодья.

Дороги в бассейне реки Буктырма построены в основном по долинам рек, что обусловлено концентрацией населения по их берегам. Анализ количественных характеристик путей сообщения по топографическим картам и космическим снимкам показывает, что общая протяженность дорог – 5028 км, из них 755 км – автомобильные дороги, 32 км – железные дороги, 603 км – проселочные грунтовые дороги, 3638 км – полевые грунтовые дороги. В ходе исследования путем дешифрирования размываемых участков берегов рек выявлены 28 участков автомобильных дорог (Таблица 1) и 18 мостов (Таблица 2) с активными проявлениями русловых и эрозионных процессов.

Таблица 1 – Размываемые участки основных дорог в бассейне реки Буктырма

№	Географические координаты вершины излучины реки		Река	Длина размываемого берега (в метрах)	Расстояние от бровки берега реки до дороги на вершине излучины (в метрах)
	Широта	Долгота			
<b>1. с. Берель – с. Арчаты – с. Усть-Чандагатай</b>					
1.1	49°13'55.26»	86°57'51.76»	Буктырма	680,0	10,0
1.2	49°13'43.69»	86°57'5.59»		455,0	6,5
1.3	49°13'33.16»	86°56'35.15»		397,0	14,0
1.4	49°13'20.33»	86°56'10.32»		118,2	15,2
1.5	49°13'14.39»	86°55'29.73»		87,2	7,3
<b>2. с. Берель – с. Арчаты – с. Усть-Чандагатай</b>					
2.1	49°12'44.87»	86°53'50.49»	Буктырма	198,7	9,6
2.2	49°12'40.02»	86°53'37.74»		139,4	5,8
2.3	49°12'39.20»	86°53'24.22»		80,0	12,0
2.4	49°12'38.72»	86°53'4.63»		134,0	4,0
<b>3. с. Берель – с. Арчаты – с. Усть-Чандагатай</b>					
3.1	49°13'34.08»	86°39'34.86»	Буктырма	257,3	3,4
3.2	49°14'30.04»	86°37'29.84»		153,1	10,0
3.3	49°15'38.91»	86°36'9.54»		214,5	14,0
3.4	49°16'17.81»	86°34'54.74»		142,7	2,9
<b>4. с. Мойылды – с. Черновое – с. Кызылжұлдыз – с. Верх Березовка (Кайынды) – с. Жамбыл – с. Берель</b>					
4.1	49°13'16.62»	86°12'33.63»	Буктырма	260,0	15,5
4.2	49°13'20.81»	86°12'2.66»		393,0	2,7
4.3	49°13'21.42»	86°11'30.79»		202,0	1,0
<b>5. с. Шынгыстай – с. Енбек – с. Урыль – с. Берель.</b>					
5.	49°11'32.00»	86° 6'55.87»	Буктырма	269,1	2,9
<b>6. с. Малеевск – с. Богатырево</b>					
6.	49°48'37.75»	84°22'28.94»	Буктырма	837,0	50,0
<b>7. с. Путенцево – с. Шумовск – с. Козлушка – с. Столбуха</b>					
7.1	49°51'20.37»	84°20'9.50»	Хамир	174,7	5,4
7.2	49°52'11.78»	84°21'44.28»		350,0	40,0
7.3	49°52'24.29»	84°22'23.53»		300,0	14,2
7.4	49°52'51.04»	84°23'17.00»		265,7	11,2
<b>8. с. Парыгино – г. Зыряновск</b>					
8.	49°49'21.06»	84°10'8.16»	Буктырма	955,0	91,44
<b>9. с. Тургусун – с. Снегирево</b>					
9.1	49°45'56.05»	84° 2'39.82»	Пойменные- протоки Буктырмы	525,1	-
9.2	49°45'34.68»	84° 2'58.91»		235,3	
9.3	49°45'22.64»	84° 3'11.86»		427,1	
9.4	49°45'9.66»	84° 3'26.53»		217,3	
9.5	49°44'53.32»	84° 3'43.96»		413,2	

Автомобильная дорога между селами Берель и Усть-Чандагатай проходит по левобережным и правобережным бортам долины реки Буктырма. Для 13 участков данной дороги между Арчаты и Усть-Чандагатай существует угроза разрушения в результате размыва берегов на излучинах реки Буктырма. Общая протяженность размываемых берегов – 3,0 км. Дорога вблизи размываемых берегов проходит в 2,9 – 15,2 м от бровок уступов. Также дорогу пересекают ручьи, через которые построены небольшие мосты, но дорожное полотно подвержено воздействиям эрозионных процессов (рытвины и промоины). Зона подтопления зафиксирована в 3-х км южнее с. Арчаты, где дорога пролегает через пойменную часть и рядом проходит линия связи. Несмотря на защитную насыпь, построенную для перекрытия протоки и направления ее в основное русло реки, при высоких паводках участок дороги продолжает подтапливаться. В результате обследования данного участка дороги по количеству и длине размываемых участков берегов рек, а также наличию рытвин и промоин, неэффективности берегозащитных сооружений можно сделать вывод, что на всем ее протяжении состояние дороги аварийное.

Автомобильная дорога с сообщением с. Мойылды – с. Берель проходит по правобережной долине реки Буктырма. В районе с. Верх Березовка (Кайынды) четко выражены признаки прямого контакта реки с подошвой берегового уступа и соответственно следы активно происходящих на излучинах реки эрозионных процессов. Несмотря на защитную насыпь, построенную для перекрытия протоки Буктырмы, размыв участков дороги происходит в период высоких паводковых расходов и уровней воды реки. Для 3-х участков данной дороги существует угроза разрушения. Общая протяженность размываемых берегов – 855 м. Дорога вблизи размываемых берегов проходит в 1,0 – 15,5 м от бровок уступов.

Для участка автомобильной дороги между селами Шынгыстай и Берель в районе с. Енбек в результате размыва левобережного уступа реки Буктырма существует угроза обрушения. Общая протяженность размываемого берега вблизи участка дороги – 269,1 м. На вершине излучины реки расстояние от берегового уступа реки до дороги – 2,9 м. За период 2007 – 2017 годы берег реки на данном участке отступил на 16,8 м в сторону дороги.

Автомобильная дорога между селами с. Малеевск – с. Богатырево проходит по долине реки

Буктырма. Эрозионный процесс зафиксирован на левобережном уступе протоки Буктырмы. Размывается участок берега реки с длиной 837 м. На вершине излучины реки расстояние от размываемого берега до дороги 50 м. Из-за обрушения берега реки под угрозой разрушения остается участок дороги. Пойма реки покрыта травянистой, древесной и кустарниковой растительностью. Несмотря на берегоукрепительные шпоры, построенные выше по течению данного участка реки, размыв берега продолжается и активизируется во время паводков, в остальное время ослабевает. Ниже по течению активно размывается другой береговой участок реки Буктырма длиной 773 м. На вершине излучины реки расстояние от размываемого берега до дороги 170,8 м. За период 2007 – 2017 годы размыв участка поймы шириной 10,5 м. Берег реки постепенно приближается к дороге.

На участках автомобильной дороги между селами Путенцево и Столбуха, проходящей по долине реки Хамир, эрозионный процесс протекает в 4-х местах. На данном участке долина реки Хамир хорошо задернована, заросшая густой травянистой и древесно-кустарниковой растительностью. Общая протяженность размываемых берегов реки составляет 1,09 км. Дорога вблизи размываемых берегов проходит в 5,4 – 40 м. Помимо размывов участков дороги, также прослеживаются следы многочисленных рытвин и промоин вдоль дороги. Таким образом, в настоящее время существует угроза дальнейшего разрушения полотна автодороги. Признаки построенных берегозащитных и водопропускных сооружений не наблюдаются.

Активный эрозионный процесс зафиксирован на правобережном уступе реки Буктырма. Разрушению подвергается участок автомобильной дороги между с. Парыгино и г. Зыряновск. При высоком уровне воды во время обильных осадков и в паводковые периоды эрозионный процесс активизируется. В настоящее время дорога находится в 91,44 м от берега реки, существует реальная угроза для ее разрушения. Общая протяженность размываемого берега в зоне влияния на дорогу 955 м. За период 2003 – 2017 годы размыв участка поймы шириной 3,7 м (рисунки 1).

Автомобильная дорога между селами Тургусун и Снегирево пересекается в ее 5 участках пойменными протоками реки Буктырма, отмечаются размывы участков дороги общей длиной 1,8 км. Также вышедшие во время паводков из русел протоки заливают пойменные территории,

участки дороги и низководные мосты. В 2005–2017 годы неоднократно наблюдались размывы дорожного полотна в местах пересечения пойменными протоками, где в некоторых участках водопропускные сооружения не были организованы вообще.

В бассейне реки Буктырма автомобильные и железные дороги сориентированы параллельно следующим рекам: Буктырма, Чандагатай, Белая

Берель, Курту, Таутекели, Белая, Хамир, Тургусун и Осиновка. Дороги пересекают пойменно-русловые разветвления этих рек через мостовые переходы. На сегодняшний день в бассейне действуют 15 автомобильных и 3 железнодорожных моста общей протяженностью 2,9 км. Самым длинным мостом является автомобильный мост (405 м) через реку Буктырма, который соединяет с. Тургусун и г. Зыряновск.



**Рисунок 1** – Размывы берегов реки Буктырма, затопление пойменных территорий, перелив участков дороги из-за поднятия уровня воды в протоках реки

Основным фактором снижения стабильности мостов через реки являются русловые деформации (Чалов, 2014:113). Специфика распространения факторов русловых процессов в бассейне Буктырмы предопределяет преобладание слабостойчивых типов русел в местах пересечения их мостами. В бассейне реки Буктырма вблизи 18 мостов наблюдаются признаки размывов берегов и переформирования русловой сети. Только один железнодорожный мост (№16) через

реку Тургусун защищен противоэрозионными сооружениями. Автомобильные мосты №5, №14 и №15 через реку Буктырма частично защищены от размывов. В районе автомобильного моста №9 через реку Буктырма признаки активных размывов берегов и проявления опасных русловых и эрозионных процессов не наблюдаются, так как на данном участке реки русловые деформации ограничены коренными берегами долины реки и сформировано относительно устойчивое рус-

ло реки. На участке выше автомобильного моста №18 через реку Буктырма в период высоких расходов воды прослеживаются интенсивные размывы по обоим берегам. Весной аномально многоводного 2015 года данный мост был размыт паводковыми водами. По данным гидрологического поста, расположенного в селе Тургусун, весной того года уровень воды в Буктырме достиг выше многолетней отметки в 7,0 м, при критической цифре – 5,3 м (Верба, 2015). В межгорных котловинах на широкопойменных участках рек прослеживается образование русловых

островов и древесных заломов возле автомобильных мостов №7 и №8 (рисунок 2). Активные русловые деформации на вышележащих от мостов участках рек, в результате которых речными потоками переносится большое количество древесных материалов, являются основной причиной образования заломов. Рост русловых островов и образования заломов могут обуславливать смещение основного течения реки между опорами мостов и приводить к их подмыву с возникновением аварийной ситуации (Жопалиани, 1970: 85).

Таблица 2 – Пересечения русел рек бассейна реки Буктырма основными дорогами

№	Географические координаты моста		Река	Длина размываемого берега в районе моста (выше по течению, в метрах)	
	Широта	Долгота		Левый берег	Правый берег
	49°14'41.78»	86°59'57.30»	Чандагатай	170,4	155,5
	49°12'39.77»	86°50'50.27»	Буктырма	106,5	172,6
	49°12'26.55»	86°42'15.44»	Кургу	78,3	37,8
	49°14'46.83»	86°36'43.11»	Таутекели	135,3	110,3
	9°16'55.66»	86°34'31.37»	Буктырма	- (БУ)*	342,8
	49°18'25.02»	86°32'37.33»		151,5	140,3
	49°21'57.83»	86°26'50.37»		427,3	413,0
	49°22'55.75»	86°25'49.27»	Белая Берель	450	420,6
	49°11'14.72»	85°46'40.90»	Буктырма	-	-
	49°21'54.37»	85°24'34.44»	Белая	106,7	116,2
	49°19'52.08»	85°10'16.92»	Буктырма	327,1	324,7
	49°53'12.08»	84°23'43.53»	Хамир	288,0	398,2
	49°49'49.43»	84°19'47.48»	Буктырма	363,7	256,3
	49°48'13.64»	84°15'48.50»	Буктырма	- (БУ)*	-
	49°48'17.33»	84° 9'41.98»	Буктырма	296,2	- (БУ)*
	49°47'22.48»	84° 3'39.01»	Тургусун	- (БУ)*	- (БУ)*
	49°47'30.38»	84° 2'50.38»	Осиновка	60	73,3
	49°46'21.09»	84° 2'22.19»	Буктырма	522,6	407,8

\* БУ – берегоукрепления

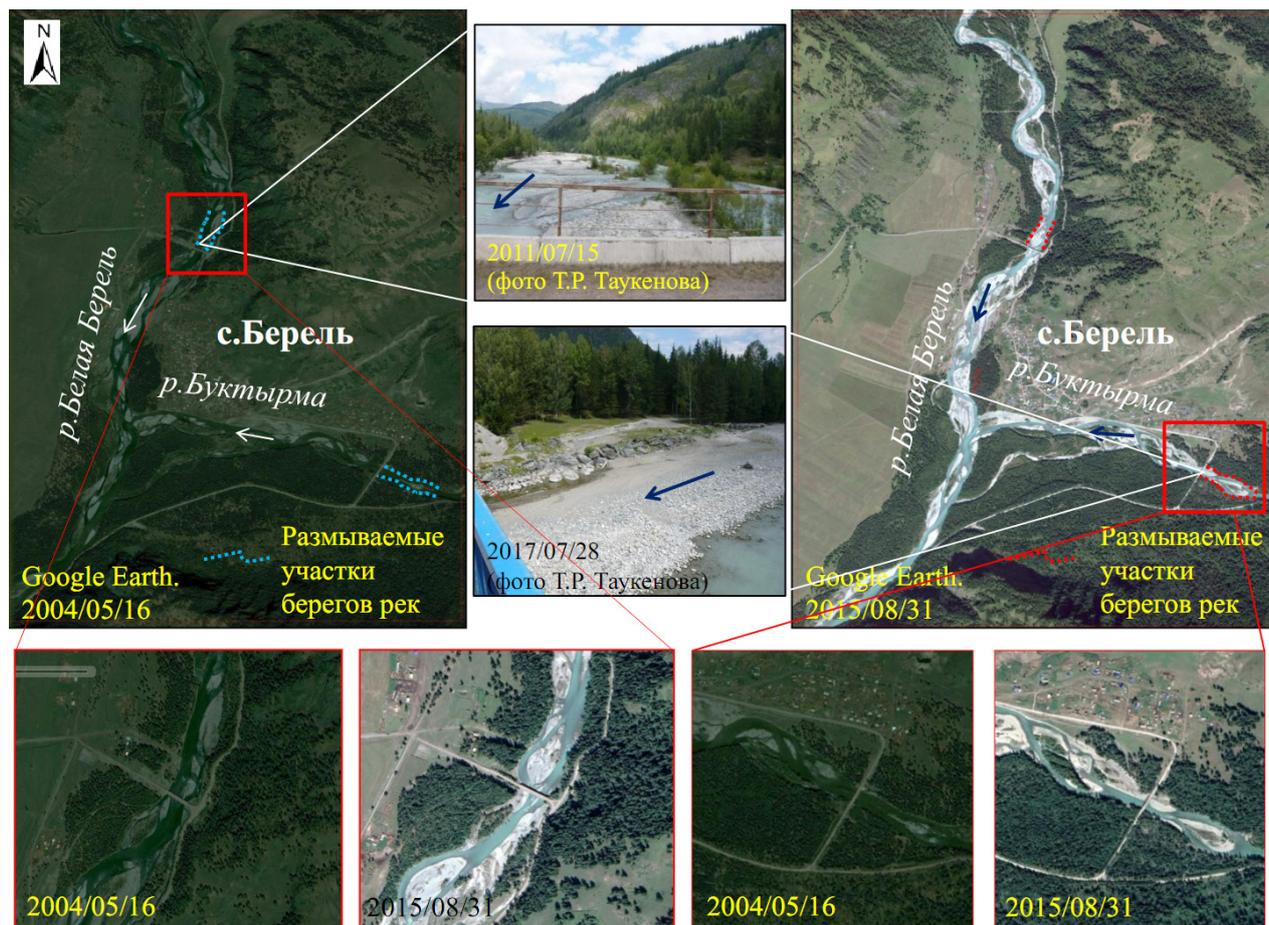


Рисунок 2 – Размывов берегов реки Буктырма возле автомобильных мостов

В целях представления пространственного распределения опасных русловых и эрозионных процессов на гипсометрическую карту бассейна реки Буктырма в масштабе 1:1000000 (Djokic, 2004:309) были нанесены следующие категории пространственных данных: населенные пункты, дороги и мосты которые их соединяют, гидрографическая сеть, типы дорог, автомобильные и железнодорожные мосты, размываемые участки дорог (рисунок 3).

Результаты анализа полученной карты на основе наложения векторных слоев на гипсометрическую карту бассейна реки Буктырма показывают, что опасные русловые и эрозионные процессы выражены в основном по долине реки

Буктырма в верхнем и нижнем ее течении. На карту были нанесены всего 46 точек (вершины излучин рек) размываемых берегов рек с общей длиной 15,7 км, из них 13 – с высоким уровнем опасности для участков дорог (расстояние от бровки берега реки до дороги на вершине излучины 1,0 – 10 м.), 7 – со средним уровнем (11,2 – 15,5 м), 3 – с низким уровнем (40 – 91,4 м); 3 – отсутствуют признаки опасности для мостов (ограниченные условия русловых деформаций, обеспечены берегоукреплениями), 7 – с низким уровнем (общая длина размываемых берегов в районах мостов 116,1 – 296,2 м), 3 – со средним уровнем (325,9 – 620 м), 5 – с высоким уровнем (651,8 – 930,4 м).

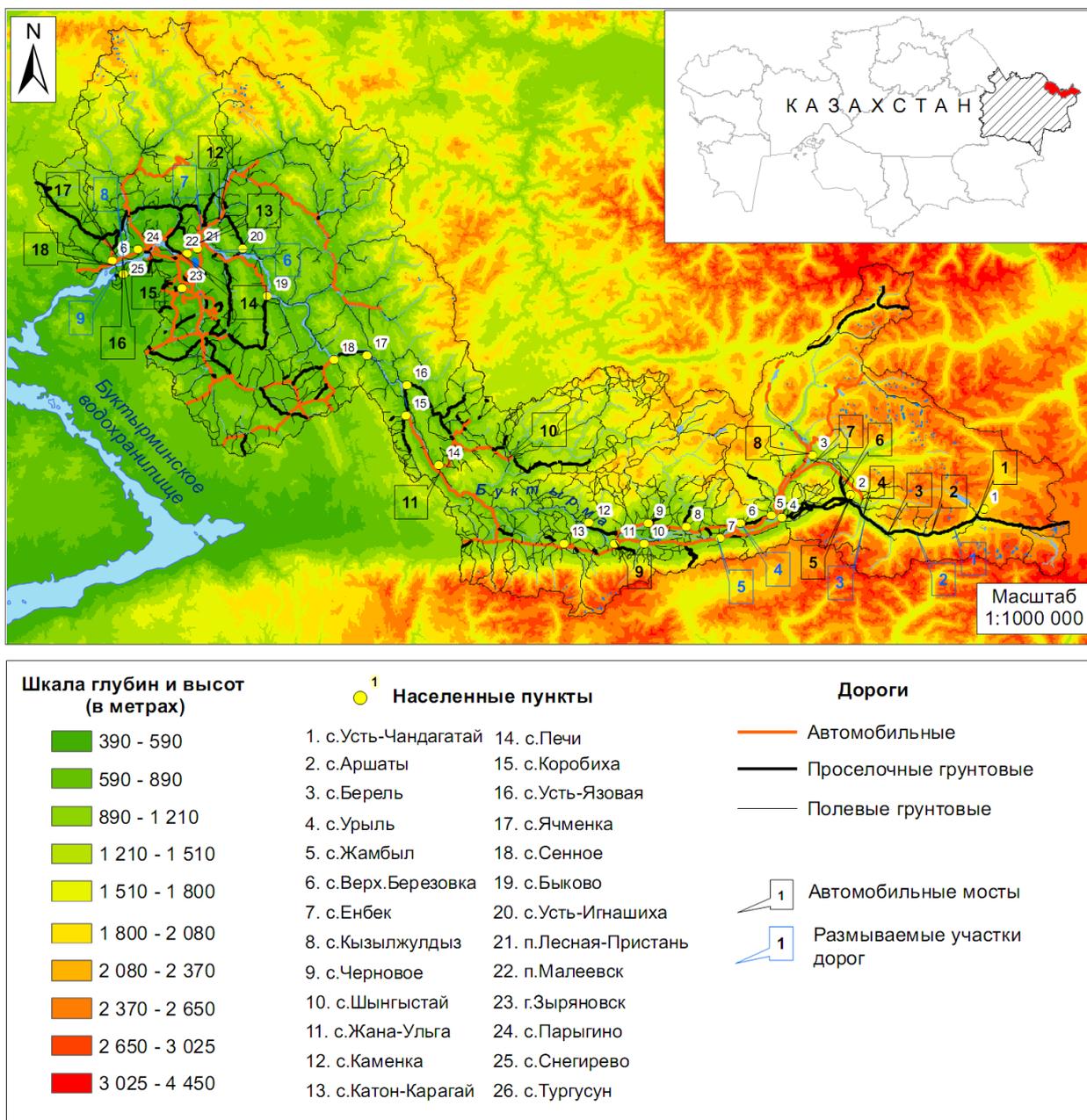


Рисунок 3 – Карта опасных русловых и эрозионных процессов

### Выводы

Исходя из задач исследования, в данной работе на примере участков долин рек Белая Берель и Буктырма в районах сел Берель и Парыгино продемонстрированы примеры получения по космическим снимкам картографической информации для решения задач выявления опасных проявлений русловых и эрозионных процессов рек. Знание пространственного распределения опасных русловых и эрозионных процессов

в бассейне реки Буктырма помогает дать прогноз деформаций русел рек, который очень важен при проектировании берегозащитных сооружений и генеральных планов населенных пунктов в условиях сложной гидрологической обстановки. Еще более широкие перспективы для изучения взаимосвязей и зависимостей между исследуемыми объектами и явлениями, установления основных факторов их формирования и причин открываются при сопряженном изучении с геологическими и геоморфологическими картами

бассейна Буктырмы. Хотя эрозионные процессы рек разных регионов Казахстана ранее были изучены некоторыми исследователями, данная работа больше продемонстрировала преимущество использования космических наблюдений в исследовании опасных проявлений русловых

и эрозионных процессов в особенности горных рек. Данное исследование было фокусировано на участки рек бассейна реки Буктырма, но подобный анализ русловых процессов может быть применен и к другим рекам в различных регионах Земли.

### Литература

- Болдырев В.И. Реки восточного Казахстана // Природные условия и естественные ресурсы Восточного Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1978. – С. 106-120.
- Верба А. В ВКО из-за разрушения моста через Бухтарму Зырянск оказался отрезан от «большой земли» // Новости Усть-Каменогорска и ВКО. УК-news.kz. 28.04.2015 г.
- Зеркаль О.В., Мирнова А. В., Азаркина Н. Н. Использование материалов дистанционного зондирования Земли при ведении мониторинга экзогенных геологических процессов в составе государственного мониторинга состояния недр. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000. – 52 с.
- Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. – М.: «Академия», 2004. – 336 с.
- Копалиани З.Д., Ромашин В.В. Проблемы русловой динамики горных рек // Труды Государственного гидрологического института. – 1970. №183. – С. 81-98.
- Лабутина И.А., Балдина Л.А. Практикум по курсу «Дешифрирование аэрокосмических снимков». – М.: Географический факультет МГУ, 2013. – 168 с.
- Малинников В.А., Стеценко А.Ф., Алтынов А.Е. Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами. – М.: МИИГАиК, 2009. – 140 с.
- Митрофанова А.Н., Калита Р.Ш. Оценка рисков опасных экзогенных процессов в береговой зоне Буктырминского водохранилища и озера Жайсан // Новости Национальной академии наук РК. Серия Геология и технические науки. – Алматы: НАН РК. – №6(440). – 2012. – С. 57-63
- Нурмагамбетова Л.С., Соседов И.С. Колебания годового стока рек Восточного Казахстана // Вопросы географии Казахстана. – Алма-Ата: Наука. – Вып.2. – 1965. – 215 с.
- Рахымбердина М.Е., Оралбекова А.О., Кутубева А.А. Мониторинг опасных геологических процессов на Иртышском Полигоне (Бухтарминский участок) Восточно-Казахстанской области // Интерэкспо Гео-Сибирь. – Новосибирск: Сибирский государственный университет геосистем и технологий. – № 2. – 2017. – С. 104 – 108.
- Складчикова Г.Н. Сток наносов // Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеиздат. – Вып. 1. – 1969. – С. 176-196.
- Чалов С.Р., Леман В.Н., Чалова А.С. Опасные русловые процессы и среда обитания лососевых рыб на Камчатке. – М.: Изд-во ВНИРО, 2014. – 240 с.
- Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.
- Чигринец Л. Ю., Азнабакиева М. М. Оценка эрозионной деятельности рек Казахстанской части Горного Алтая с использованием данных о твердом стоке // Материалы международной научно-практической конференции «Современные тенденции и закономерности в развитии географической науки в Республике Казахстан». – Алматы: КазНУ им. аль-Фараби, 2010. – С.127 – 137.
- Шамов Г.И. Речные наносы. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 378 с.
- Chao Yang, Xiaobin Cai, Xuelei Wang, Ranran Yan, Ting Zhang, Qing Zhang and Xiaorong Lu. Remotely Sensed Trajectory Analysis of Channel Migration in Lower Jingjiang Reach during the Period of 1983 – 2013 // Remote Sensing. – 2015. – Volume 7. – #12. – P. 241-256.
- Cheng-Wei Kuo, Chi-Farn Chen, Su-Chin Chen, Tun-Chi Yang, Chun-Wei Chen. Channel Planform Dynamics Monitoring and Channel Stability Assessment in Two Sediment-Rich Rivers in Taiwan // Water. – 2017. – Volume 9. – #84. – P. 1-16.
- David R. Montgomery, Lee H. MacDonald. Diagnostic approach to stream channel assessment and monitoring // Journal of the American water resources association. – 2012. – Volume 38. – #1. – P. 1-16.
- Djokic D., Zichuan Ye. DEM Preprocessing for Efficient Watershed Delineation // ESRI. – 2004. – Volume 20. – #1. – P. 305-314.
- Faezal Norizan, Mohd Fadhli Abd Rashid, Nurul Liyana Roslan, Radzuan Sa'ari, Zulkiflee Ibrahim, Mushairry Mustaffar, Muhammad Azril Hezmi. Monitoring laboratory scale river channel profile changes using digital close range photogrammetry technique // Malaysian Journal of Civil Engineering. – 2016. – Volume 28. – #3. – P. 252-266.
- LI Anlong, LI Guangxue, CAO Lihua, Zhang Qingde, Deng Shenggui. The coastal erosion and evolution of the Yellow River Delta abandoned lobe // Journal of Geographical Sciences. – 2004. – Volume 14. – # 4. – P. 465-472.
- Lord M.L., Germanoski D., Allmendinger N.E. Monitoring River Systems and Fluvial Landforms. Fluvial geomorphology: Monitoring stream systems in response to a changing environment, in Young R., and Norby L., Geological Monitoring: Boulder, Colorado, Geological Society of America, 2009. – P. 69-103.

Mohamed E. Hereher. Mapping coastal erosion at the Nile Delta western promontory using Landsat imagery // *Environ Earth Sci.* – 2011. – Volume 64. – #4. – P. 1117-1125.

Slavoljub Dragičević, Mirjana Pripužić, Nenad Živković, Ivan Novković, Stanimir Kostadinov, Marko Langović, Boban Milojković, Zoran Cvorović. Spatial and Temporal Variability of Bank Erosion during the Period 1930 – 2016 : Case Study – Kolubara River Basin (Serbia) // *Water.* – 2017. – Volume 9. #748. – P. 150-167.

Sujit Mandal. Assessing the instability and shifting character of the river bank Ganga in Manikchak Diara of Malda district, West Bengal using bank erosion hazard index (BEHI), RS & GIS // *European Journal of Geography.* – 2017. – Volume 8. – #4:6. – P. 6-25.

Taukenov T., Dzhanaleeva K., Yerzhanova Zh. Methods of improving the efficiency of monitoring of channel deformations of mountain rivers near built-in settlements: on the example of the Buktyрма river // *Geodesy and Cartography.* – 2018. – Volume 44. – #1. – P. 28-35. DOI: <https://doi.org/10.3846/gac.2018.260>

Varis O., Kummu M. The major central Asian River Basins: An assessment of vulnerability // *Water.* – 2012. – Volume 12. – #3. – P. 433-425.

Yapiyev Vadim, Zhanay Sagintayev, Vassilis J. Inglezakis, Kanat Samarkhanov, Anne Verhoef. Essentials of Endorheic Basins and Lakes: A Review in the Context of Current and Future Water Resource Management and Mitigation Activities in Central Asia// *Water.* – 2017. – Volume 9. – #798. – P. 1-22.

### References

Boldyirev V.I. (1978) Reki vostochnogo Kazahstana [The rivers of eastern Kazakhstan]. Prirodnyie usloviya i estestvennyie resursyi Vostochnogo Kazahstana. – Alma-Ata: Nauka – pp. 106-120.

Chalov S.R., Leman V.N., Chalova A.S. (2014) Opasnyie ruslovyie protsessy i sreda obitaniya lososevyih ryib na Kamchatke [Dangerous channel processes and habitat of salmonids in Kamchatka]. M.: Izd-vo VNIRO, pp. 240.

Chandra A.M., Ghosh S.K. (2008) Distantionnoe zondirovanie i geograficheskie informatsionnyie sistemy [Remote sensing and geographic information systems]. Moskva: Tehnosfera – p.312.

Chao Yang, Xiaobin Cai, Xuelei Wang, Ranran Yan, Ting Zhang, Qing Zhang and Xiaorong Lu. Remotely Sensed Trajectory Analysis of Channel Migration in Lower Jingjiang Reach during the Period of 1983 – 2013 // *Remote Sensing.* – 2015. – Volume 7. – #12. – p. 241-256.

Cheng-Wei Kuo, Chi-Farn Chen, Su-Chin Chen, Tun-Chi Yang, Chun-Wei Chen. Channel Planform Dynamics Monitoring and Channel Stability Assessment in Two Sediment-Rich Rivers in Taiwan // *Water.* – 2017. – Volume 9. – #84. – p. 1-16.

Chigrinets, L.Y., Aznabakiyeva, M.M. (2010) Otsenka erozionnoy deyatel'nosti rek Kazahstanskoy chasti Gornogo Altaya s ispolzovaniem dannyih o tverdom stoke [Assessment of erosion activity of rivers in the Kazakhstani sector of the Mountain Altai using data on sediment loads]. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennyye tendentsii i zakonmernosti v razvitiy geograficheskoy nauki v Respublike Kazahstan». Almaty: KazNU im Al-farabi. – p. 127-137.

David R. Montgomery, Lee H. MacDonald. Diagnostic approach to stream channel assessment and monitoring // *Journal of the American water resources association.* – 2012. – Volume 38. – #1. – p. 1-16.

Djokic D., Zichuan Ye. DEM Preprocessing for Efficient Watershed Delineation // *ESRI.* – 2004. – Volume 20. – #1. – p. 305-314.

Faezal Norizan, Mohd Fadhli Abd Rashid, Nurul Liyana Roslan, Radzuan Sa'ari, Zulkiflee Ibrahim, Mushairry Mustaffar, Muhammad Azril Hezmi. Monitoring laboratory scale river channel profile changes using digital close range photogrammetry technique // *Malaysian Journal of Civil Engineering.* – 2016. – Volume 28. – #3. – p. 252-266.

Knizhnikov Yu.F., Kravtsova V.I., Tutubalina O.V. (2004) Aerokosmicheskie metodyi geograficheskikh issledovaniy [Aerospace methods of geographical research]. M.: «Akademiya», p. 336.

Kopaliani Z.D., Romashin V.V. (1970) Problemyi ruslovoy dinamiki gornyyh rek [Problems of channel dynamics of mountain rivers]. Trudy Gosudarstvennogo gidrologicheskogo institute, no183, pp. 81-98.

Labutina I.A., Baldina L.A. (2013) Praktikum po kursu «Deshifirovanie aerokosmicheskikh snimkov» [Workshop on the course “Decoding Aerospace Pictures”]. M: Geograficheskiy fakultet MGU- p.168

LI Anlong, LI Guangxue, CAO Lihua, Zhang Qingde, Deng Shenggui. The coastal erosion and evolution of the Yellow River Delta abandoned lobe // *Journal of Geographical Sciences.* – 2004. – Volume 14. – # 4. – p. 465-472.

Lord M.L., Germanoski D., Allmendinger N.E. Monitoring River Systems and Fluvial Landforms. Fluvial geomorphology: Monitoring stream systems in response to a changing environment, in Young R., and Norby L., Geological Monitoring: Boulder, Colorado, Geological Society of America, 2009. – p. 69-103.

Malinnikov V.A., Stetsenko A.F., Altynov A.E. (2009) Monitoring prirodnoy sredy aerokosmicheskimi sredstvami. – M.: MIIGAiK [Monitoring of the natural environment by aerospace means]. – M.: MIIGAiK – p.140

Mitrofanova, A.H., Kalita, R.Sh. (2012) Otsenka riskov opasnyih ekzogennyih protsessov v beregovoy zone Buktyrminskogo vodohranilishcha i ozera Zhaysan [Assessment of risks of dangerous exogenetic processes in the shoreline of the Buktyрма reservoir and Lake Zhaisan]. Novosti Natsionalnoy akademii nauk RK. Seriya Geologiya i tehnicheknie nauki. – Almaty: NAN RK – pp. 57-63.

Mohamed E. Hereher. Mapping coastal erosion at the Nile Delta western promontory using Landsat imagery // *Environ Earth Sci.* – 2011. – Volume 64. – #4. – p. 1117-1125.

Nurmagambetova, L.S., Sosodov, I.S. (1965) Annual fluctuations in river discharges of Eastern Kazakhstan [Annual fluctuations in river discharges of Eastern Kazakhstan]. Issues of Geography of Kazakhstan. Alma-Ata: Nauka (Science) – p. 215.

Rahyimberdina M.E., Oralbekova A.O., Kutubeva A.A. (2017) Monitoring opasnyih geologicheskikh protsessov na Irtyshskom Poligone (Buhtarminskiy uchastok) Vostochno-Kazahstanskoy Oblasti [Monitoring of hazardous geological processes at the Irtysh Landfill (Bukhtarma site) of the East Kazakhstan Oblast]. *Interksp Geo-Sibir*. Novosibirsk: Sibirskiy gosudarstvenniy universitet geosistem i tehnologiy, no 2, pp.104 – 108.

Shamov, G.I. (1959) *Rechnyie nanosyi* [River sediments]. L.: Gidrometeoizdat – p. 378.

Skladchikova, G.N. (1969) *Stok nanosov* [Sediment run-offs]. *Resursyi poverhnostnyih vod SSSR*. L.: Hydrometeoizdat, Edition 1 – p. 176-196.

Slavoljub Dragi'cevi'c, Mirjana Pripuzi'c, Nenad Živkovi'c, Ivan Novkovi'c, Stanimir Kostadinov, Marko Langovi'c, Boban Milojkovi'c, Zoran Ćvoro'c. Spatial and Temporal Variability of Bank Erosion during the Period 1930 – 2016 : Case Study – Kolubara River Basin (Serbia) // *Water*. – 2017. – Volume 9. #748. – p. 150-167.

Sujit Mandal. Assessing the instability and shifting character of the river bank Ganga in Manikchak Diara of Malda district, West Bengal using bank erosion hazard index (BEHI), RS & GIS // *European Journal of Geography*. – 2017. – Volume 8. – #4:6. – p. 6-25.

Taukenov T., Dzhanaleeva K., Yerzhanova Zh. Methods of improving the efficiency of monitoring of channel deformations of mountain rivers near built-in settlements: on the example of the Buktyrma river // *Geodesy and Cartography*. – 2018. – Volume 44. – #1. – P. 28-35. DOI: <https://doi.org/10.3846/gac.2018.260>

Varis O., Kumm M. The major central Asian River Basins: An assessment of vulnerability // *Water resources development*. – 2012. – Volume 12. – #3. – p. 433-425.

Verba A. (2015) V VKO iz-za razrusheniya mosta cherez Buhtarmu Zyryanovsk okazalsya otrezan ot «bolshoy zemli» [In the East Kazakhstan region because of the destruction of the bridge over Bukhtarma Zyryanovsk was cut off from the “big earth”]. *Novosti Ust-Kamenogorska i VKO*, YK-news.kz.

Yapiyev Vadim, Zhanay Sagintayev, Vassilis J. Inglezakis, Kanat Samarkhanov, Anne Verhoef. Essentials of Endorheic Basins and Lakes: A Review in the Context of Current and Future Water Resource Management and Mitigation Activities in Central Asia // *Water resources development*. – 2017. – Volume 9. – #798. – p. 1-22.

Zerkal O.V., Mirnova A. V., Azarkina N. N. (2000) Ispolzovanie materialov distantsionnogo zondirovaniya Zemli pri vedenii monitoringa ekzogennyih geologicheskikh protsessov v sostave gosudarstvennogo monitoringa sostoyaniya nedr [Use of Earth remote sensing materials while monitoring exogenous geological processes as part of the state monitoring of the state of subsoil]. M.: ZAO «Geoinformmark», p. 52.