

UDC 528.481
IRSTI 36.16.19
RESEARCH ARTICLE

MONITORING HAZARDOUS GEOLOGICAL PROCESSES AT THE KASKELEN-TALGAR PLANT USING WITH GEODESIC METHODS

Zh.A. Zhiyembayeva^{1,*} , R.K. Zhanakova² , M.A. Sarybayev¹ ,
G. Nurtay¹ , Y.E. Yelzhanov³ 

¹ Al-Farabi Kazakh National University, 050038, Almaty, Kazakhstan

² Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, 050061, Almaty, Kazakhstan

³ International Educational Corporation, 050043, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *The article discusses spectrometric, comparative-morphological and landscape-indication methods of interpretation, as well as instrumental measurements with the help of which one can study hazardous geological processes. The relevance of the study is characterized by the area's susceptibility to landslides, weathering, avalanches and other processes, and the excessive density of inhabitants in the mountainous and foothill parts of the Trans-Ili Alatau, which today is home to more than 2 million people. As a result of interpretation, several maps were created that make it possible to distribute the territory of the landfill according to the degree of danger of landslides and predict the position of individual landslide-prone areas. Using instrumental measurements, displacement values on landslide slopes were determined. Instrumental observations were carried out with a high-precision tacheometer TS15, light rangefinders, and a measuring tape using benchmarks installed on landslide-prone slopes. The purpose of the research work is to conduct research work on the study of geological changes at 27 observation posts, in order to assess the impact of the hazardous geological processes on the life of the population, buildings and communications. By analyzing the results of the conducted research, we can say that it was possible to directly decipher many unstudied, hard-to-reach landslide-prone areas.*

Keywords: *geological processes, tacheometer TS15, interpretation of images, instrumental measurements, satellite.*

***Corresponding author**

Zhanar Zhiyembayeva, e-mail: zhanara1711@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.1-08>

Received 28 December 2023; Revised 25 January 2024; Accepted 14 February 2024

ӘОЖ 528.481
ҒТАМР 36.16.19
ҒЫЛЫМИ МАҚАЛА

ҚАСКЕЛЕН-ТАЛҒАР ПОЛИГОНЫНДАҒЫ ҚАУІПТІ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ҮРДІСТЕРДІ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРМЕН ЗЕРТТЕУ

Ж.А. Жиенбаева^{1,*} , Р.К. Жанакөва² , М.А. Сарыбаев¹ ,
Г. Нұртай¹ , Е.А. Елжанов³ 

¹ Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, 050038, Алматы, Қазақстан

² Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, 050061, Алматы, Қазақстан

³ Халықаралық білім беру корпорациясы, 050043, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада дешифрлеудің спектрометриялық, салыстырмалы-морфологиялық және ландшафттық-индикациялық әдістері, сондай-ақ қауіпті геологиялық үрдістерге (ҚГҮ) зерттеу жүргізу үшін аспаптық өлшеулер қарастырылған. Зерттеу жүргізудің өзектілігі өңірдің көшкін, желдену және басқа үрдістерге ұшырауымен, қазіргі уақытта 2 миллионнан астам адам тұратын және өнеркәсіп объектілері, тұрғын ғимараттар, саяжай массивтері мен инженерлік коммуникациялар шоғырланған Іле Алатауының тау бөктеріндегі аймағы халқының тығыздығымен айқындалады. Дешифрлеу нәтижесінде полигон аумағын көшкін қаупінің дәрежесі бойынша бөлуге және жекелеген көшкін қаупі бар учаскелердің жағдайын болжауға мүмкіндік беретін бірнеше карталар жасалды. Аспаптық өлшеулердің көмегімен көшкін беткейлеріндегі орын ауыстыру шамалары анықталады. Аспаптық бақылаулар жоғары дәлдіктегі TS15 тахеометрі, жарық өлшегіштер, көшкін қаупі бар беткейлерде орнатылған тіректер бойынша өлшеуіш таспамен жүргізілді. Бұл зерттеудің мақсаты Қаскелен-Талғар полигонындағы ҚГҮ-ны геодезиялық өлшеудің дәстүрлі және заманауи әдістерімен зерделеу, сондай-ақ оларды салыстыра отырып, зерттеудің неғұрлым дәл және қолжетімді әдісін анықтау. Зерттеу жұмысының мақсаты – зерттеу мониторингін жүргізу, ҚГҮ-нің халықтың өмірі, ғимараттар мен коммуникацияларға әсерін зерделеу. Талдаулар жүргізе келе, көптеген зерттелмеген, жетуі қиын көшкін қаупі бар аймақтарды тікелей ашуға мүмкіндік туды деп айта аламыз.

Түйін сөздер: геологиялық үрдістер, тахеометр TS15, әуесуреттерді дешифрлеу, аспаптық өлшеулер, жерсерік.

*Автор-корреспондент

Жанар Жиенбаева, e-mail: zhanara1711@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.1-08>

Алынды 28 желтоқсан 2023; Қайта қаралды 25 қаңтар 2024; Қабылданды 14 ақпан 2024

УДК 528.481
МРНТИ 36.16.19
НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА КАСКЕЛЕН-ТАЛГАРСКОМ ПОЛИГОНЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Ж.А. Жиенбаева^{1,*} , Р.К. Жанакова² , М.А. Сарыбаев¹ ,
Г. Нуртай¹ , Е.А. Елжанов³ 

¹ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 050038, Алматы, Казахстан

² Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова,
050061, Алматы, Казахстан

³ Международная образовательная корпорация, 050043, Алматы, Казахстан

Аннотация. В статье рассмотрены спектрометрические, сравнительно-морфологические и ландшафтно-индикационные методы дешифрирования, а также инструментальные измерения, с помощью которых можно исследовать опасные геологические процессы (ОГП). Актуальность проведения исследования характеризуется подверженностью местности оползням, выветриваниям, обвалам и другим процессам, чрезмерной плотностью жителей горных и предгорных частях Заилийского Алатау, на которых сегодня проживает больше 2 миллионов человек. В результате дешифрирования были созданы несколько карт, которые позволяют распределить территорию полигона по степени опасности возникновения оползней и прогнозировать положение отдельных оползнеопасных участков. С помощью инструментальных измерений определены величины смещения на оползневых склонах. Инструментальные наблюдения проводились высокоточным тахеометром TS15, светодальномерами, мерной лентой по реперам, установленных на оползнеопасных склонах. Целевое назначение исследовательских работ – ведение исследовательских работ по изучению геологических изменений на 27 постах наблюдений с целью оценки влияния ОГП на жизнедеятельность населения, строения и коммуникации. Анализируя можно сказать, что удалось непосредственно отдешифрировать множество не изученных труднодоступных оползнеопасных участков.

Ключевые слова: геологические процессы, тахеометр TS15, дешифрирование космоснимков, инструментальные измерения, спутник.

*Автор-корреспондент
Жанар Жиенбаева, e-mail: zhanara1711@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.1-08>

Получено 28 декабря 2023; Пересмотрено 25 января 2024; Принято 14 февраля 2024

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 ВВЕДЕНИЕ

Опасными геологическими процессами являются те явления, которые негативно влияют или потенциально могут повлиять на объекты экономики или вызвать чрезвычайные ситуации и обстоятельства, ставящие под угрозу жизнь человека (**Smirnov, 2022 & Svalova, et al., 2019**). Потепление климата, замечаящееся в эти дни, может полностью изменить развитие всяких природных процессов, приносящую опасность для жизни человека. К ним относятся гидрометеорологические, экзогенные и геокриогенные явления.

В настоящее время прогноз активации и проявления каких-либо опасных геологических процессов, контроль динамики их развития, осуществление защитных мероприятий приобрели основную актуальность государственного масштаба. Геологические процессы развивались, развиваются и будут развиваться на протяжении всей истории и будущего нашей Земли. (**Mazur, et al., 2004; Mustafaev, et al., 2008; Medeu, 2004**).

Предгорные зоны исследуемой территории находятся на высоте 1020-1930 м и лежат в зоне 8-9 балльных землетрясений. В конце 90-х является началом активного строительства различных зон отдыха, туристических баз, зданий, ресторанов в исследуемой зоне, которая наиболее подвержена оползням, обвалам, донной и боковой эрозии, оврагообразованиям и т.д. Все строения проводились без согласования с геологическими службами и специализированными организациями РК, в результате перегрузка склонов, а увеличение увлажнения склонов хозяйственными водами привело к нарушению настоящего состояния склонов, что привело, в свою очередь, к деформации зданий и сооружений. Строительство велось без наблюдений СНиП.

Космические снимки в наше время неоднократно используются для мониторинга различных природных явлений. Для изучения процессов, влияющих на жизнедеятельность и безопасность населения г. Алматы, нами ежегодно с 2006 г. заказывались космические снимки (КС). Таким образом, мы имеем базу КС, по которой возможно сопоставить снимки различных годов залетов и произвести прогноз возникновения и развития ОГП (**Mustafaev, et al., 2008; Medeu, 2004; Salmenov, 2014**).

Основным методом прогнозирования считается дешифрирование космических снимков с использованием современных беспилотно летательных аппаратов, марки SOUTH SkyCruiser A22/A22-Plus. Дешифрирование всех полученных данных на всю исследуемую зону совершалось сравнительно-морфологическими, спектрометрическими, а также ландшафтно-индикационными способами.

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Созданию Каскелен-Талгарского полигона и выбору 27 постов для проведения режимных наблюдений, предшествовал ряд работ, проведенных с 2004 по 2006 годы гидрогеологами таких, как Смоляр В.А., Буров Б.В., Голяндина В.В. и др. (**Seminsky, 2022**).

По анализам обширных материалов инженерно-геологических, гидрогеологических и геолого-сейсмических условий исследуемой территории в 2006 году были завершены работы шести постов наблюдений в Алматинской области, в котором приняли участие ученые Сальменов Е.З., Борисов В.Н. Для целенаправленного изучения условий формирования, распространения и активизации ОГП, в результате проведенных работ были восстановлены 6 постов наблюдения, на которых в 2006 году начаты режимные наблюдения (**Salmenov, et al., 2014-16; Smolyar, et al., 2005**).

3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассматривая экзогенные процессы с точки зрения их возможной опасности необходимо подчеркнуть их связь с современной земной поверхностью – главным компонентом окружающей среды. К опасным геологическим процессам относятся: землетрясения, вывет-

ривание, обвалы, осыпи, снежные лавины, оползни, донная и боковая эрозия, селевые явления, суффозия, плоскостной смыв и др. (Salmenov, et al., 2014; Shaytorov, et al., 2006).

Из большого количества различных видов ОГП, отмечаемых на площади Каскелен-Талгарского полигона, были выбраны 27 участков проявлений оползневых, обвальных, эрозионных процессов, подтопления и заболачивания территорий (Таблица 1). Важным критерием выбора местоположения постов являлась близость проявлений ОГП к зонам отдыха, туристическим комплексам, дорогам, негативное влияние на население. Для проведения мониторинга ОГП были организованы стационарные посты наблюдений с установкой на оползнеопасных склонах опорных и грунтовых реперов, геодезических точек, трещиномеров, пробурены наблюдательные скважины.

На Рисунке 1 показана обзорная карта с исследуемыми постами Каскелен-Талгарского полигона.

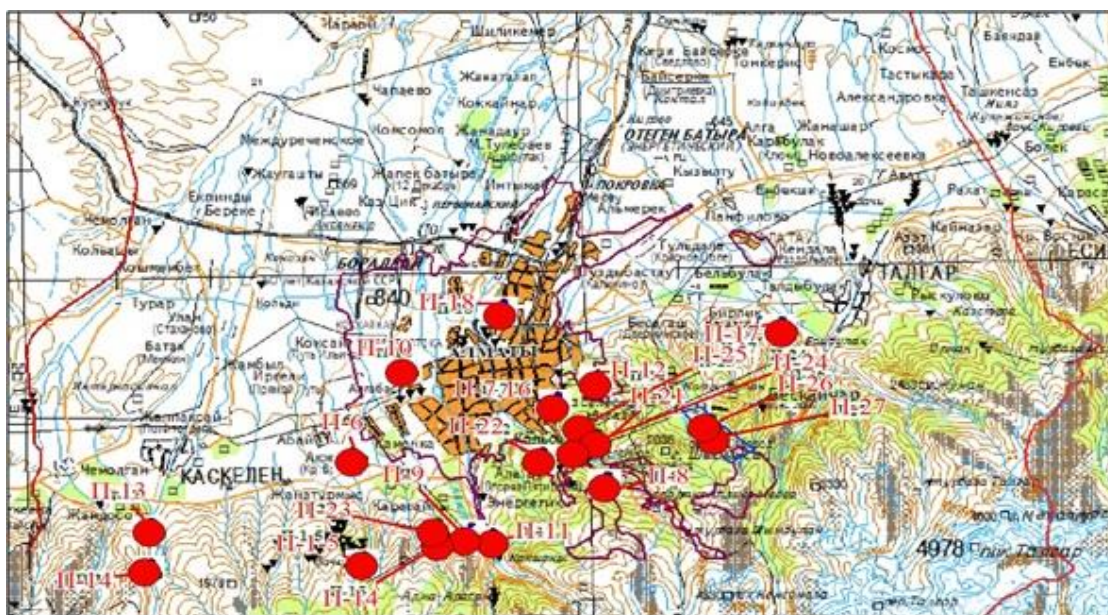


Рисунок 1 – Обзорная карта исследуемых постов Каскелен-Талгарского полигона (материалы авторов)

Таблица 1

Назначенные точки исследования Каскелен-Талгарского полигона (материалы авторов)

№ постов	Названия точек исследования
пост 1	обрушение левого берега реки Аксай
пост 2	оползень, река Акжар
пост 3	обвальные процессы на конусе выноса Акжарского обвала
пост 4	оползень, река Аксай, правый берег
пост 5	дачный массив, река Аксай, левый берег
пост 6	обрушение береговой кромки карьера АДК
пост 7	западный склон горы Коктобе
пост 8	оползень «Лесхоз»
пост 9	оползень, лог Малютинский
пост 10	подтопление, посёлок АДК
пост 11	зона отдыха, река Б.Алматинка
пост 12	оползень, бассейн реки Широкая щель
пост 13	техногенный оползень, река Каскелен, юго-западнее плотины
пост 14	река Каскелен, среднее течение
пост 15	оползень, садовое товарищество Алма
пост 16	оползень, гора Коктобе, северная часть
пост 17	оползень, река Талгар, дом отдыха
пост 18	подтопление, микрорайон Кулагер

пост 19	заболачивание, южного берега Капчагайского водохранилища
пост 20	озеро Сорбулак
пост 21	масштабные строительные работы в прилавокковой зоне
пост 22	формирование трещин на склоне, улица Банковая
пост 23	бассейн р. Каргалинка, севернее 200 м селевой плотины
пост 24	бассейн р. Солоновка, юго-западная окраина пос. Юбилейное
пост 25	бассейн р. Солоновка, пос. Юбилейное, школа
пост 26	бассейн р. Котырбулак, пос. Горный садовод, турбаза, баня
пост 27	бассейн р. Котырбулак, пос. Горный садовод турбаза

Методы дешифрирования делятся на: спектрометрические, ландшафтно-индикационные, а также сравнительно-морфологические. Дешифрирование исследуемых материалов производилось в полуавтоматическом режиме. Именно это и мешает решению задач дешифрирования материалов космической съемки спектрометрическими методами (Cicerone, et al., 2009; Kio, 2014). Ландшафтно-индикационный метод дешифрирования предполагает использование структурных и яркостных признаков (Ma, et al., 2014).

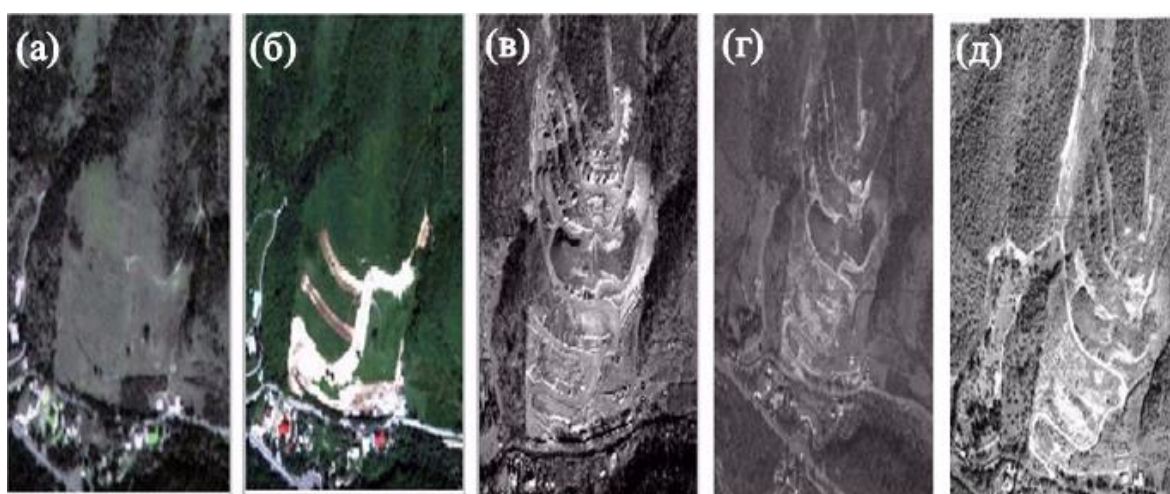


Рисунок 2 – на участке Бутаковка динамика измерения природных ландшафтов.

(а) Мультиспектральный снимок – 2006 года залета. Склон юго-западной экспозиции не нарушен и имеет естественный природный ландшафт; (б) мультиспектральный снимок – 2007 года залета. Начало строительных работ террасирование склона под строительство домов крутыми уступами высотой до 8 м; (в) мультиспектральный снимок – 2009 года залета. Склон юго-западной экспозиции нарушен.

Масштабное производство работ по террасированию склона под строительство домов;

(г) панхроматический снимок – 2015 года залета. Склон юго-западной экспозиции нарушен.

Выборка грунта под строительство домов прекращена, но на склоне наблюдается дальнейшее и интенсивное и интенсивный помыв котлованов; (д) панхроматический снимок – 2021 года залета.

Отмечается активизация оползневых и эрозионных процессов (материалы авторов).

На **Рисунке 2** все эти методы применяются в процессе работы комплексно и, в нашем случае, дополняются данными наземного обследования и материалами полевого фотографирования.

На **Рисунке 3** по дешифрированию космоснимка возникла угроза возникновения просядочных явлений на зоне станции.

Дешифрирование аэрофотоснимков перед обычными наземными исследованиями имеет ряд преимуществ, главными из которых являются:

- возможность широкого обзора местности и изучение её в обобщенном виде, с выявлением особенностей пространственного распределения природной обстановки и их взаимосвязи;

- получение ряда количественных показателей динамики изменения современных геологических процессов (Svalova, et al., 2019; Vranken, et al., 2015).

Наибольший объем информации связан с дешифрированием верхней ландшафтной оболочки и таких компонентов ландшафта, как рельеф, гидрографическая сеть, растительность, срывы и оплывины почвенного покрова, выходы скальных пород, оползни, осыпи, обвалы, селепроявления и т.д. Эти объекты непосредственно отражаются на снимках и информация из них, может быть получена по прямым признакам – размеру и форме, типу и яркостному контрасту, цвету и теням (**Рисунок 3**).

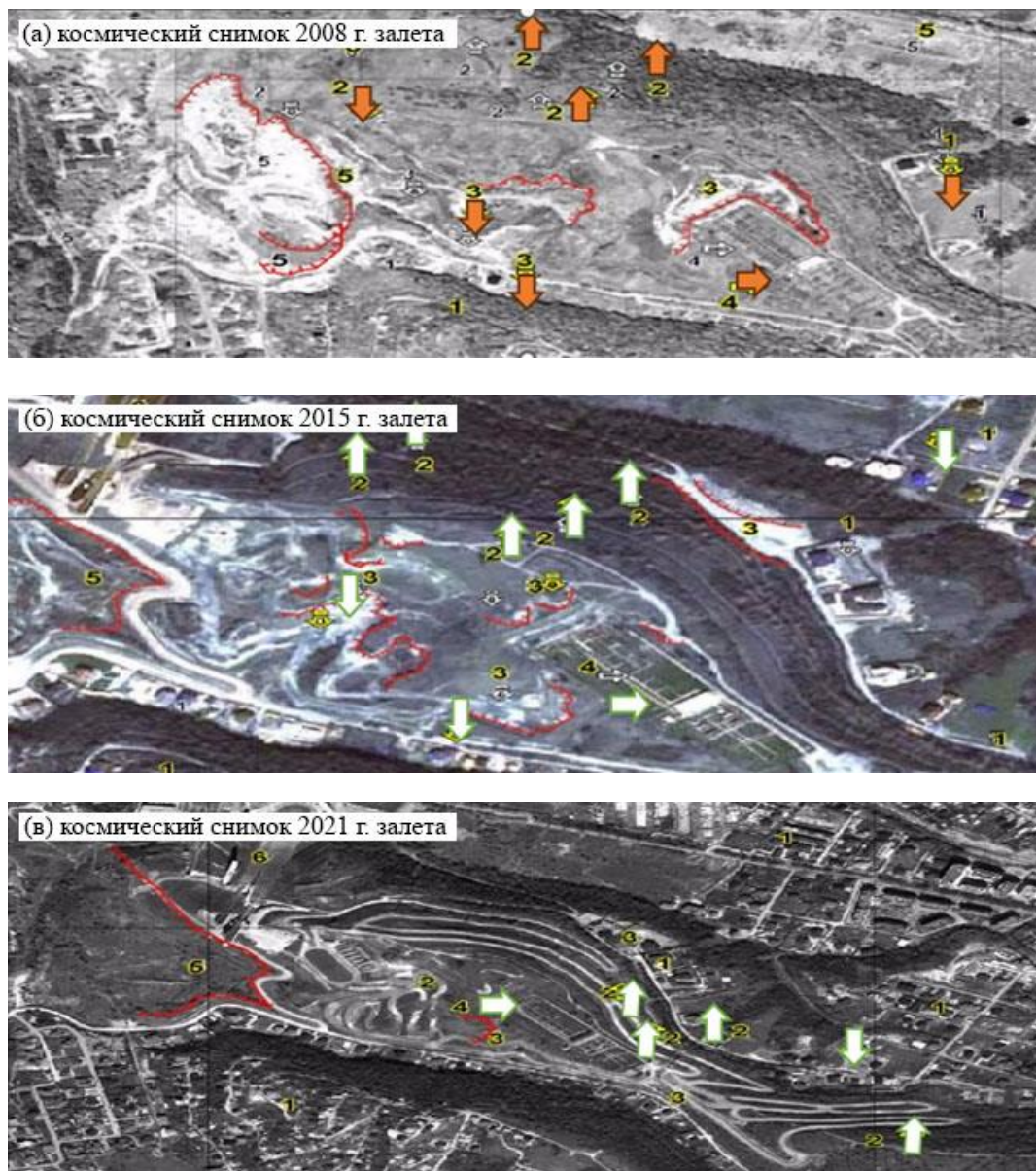


Рисунок 3 – Исследование водораздельной части прилавковой зоны трамплинов:

- 1 – Строительство жилых массивов на участках, ранее неподверженных техногенному воздействию;
- 2 – террасирование склонов, опоясывание горы трамплинов серпантинами беговых дорожек;
- 3 – нарушение почвенно-растительного слоя водораздельной части для строительства, но строительство не начато из-за возможного возникновения посадочных явлений; 4 – подстанция; 5 – заброшенный карьер;
- 6 – трамплин и его инфраструктура (материалы авторов).

Дешифрируемые элементы переносятся на предварительные специальные карты, где отражаются инженерно-геологические условия и современные геологические процессы. Здесь наиболее полно сочетается большая точность съемок высокого разрешения с достаточной частотой необходимой информации (**Wirtz, et al., 2014; Postoyev, et al., 2005**).

Снимки использовались для контроля широкого круга процессов и уточнения территорий их распространения в наиболее труднодоступных местах.

На ряду с исследованиями космоснимков были проведены инструментальные измерения на 27 постах, в частности, на северном склоне гребня горы Коктобе. Для наблюдения за развитием трещин на постах наблюдений установлены 45 трещиномеров.

Инструментальные измерения проводились тахеометром TS15, светодальномерами, мерной лентой по реперам, установленных на оползнеопасных склонах. Измерения проводились каждые 10 дней.

Пост 16 расположен на северном склоне гребня горы Коктобе, на склоне северо-западной экспозиции, в 500 метрах на север от станции канатной дороги.

Причиной сошедшего 1998 году оползня была утечка воды из двух водоводов, проходящих по западному склону горы. Оползень-поток, объёмом 700–900 м³, сформировавшийся в верхней части склона, сошёл в сад дома № 46 по улице Радлова, разрушил хозяйственные постройки и повредил сад.

На посту установлено 3 опорных репера, расположенных выше оползня и 6 грунтовых реперов, 3 грунтовых репера расположены северо-восточнее оползня, 2 – юго-западнее оползня и один – южнее линии отрыва оползня.

Поверхность склона, вокруг оползневого цирка, разбита рядами трещин, северо-западного простирания, образование которых произошло в момент отрыва оползня (трещины отседания). Трещины отмечаются лишь в верхней части оползня.

Для изучения величины раскрытия трещин, по обе стороны оползня были установлены два трещиномера. Один установлен восточнее оползневого вреза, и один – западнее.

Следует отметить, что в мае 2017 г. был поврежден (вырван), грунтовый репер, расположенный в западной части оползня. Оперативно был установлен новый репер, и режимные наблюдения были продолжены. Ниже приведены отметки тахеометра TS15 (**Таблица 2**).

Таблица 2

Результаты осредненных данных при проведении топогеодезических работ тахеометром TS15 на посту 16 (материалы авторов)

Опорный репер	Грунтовые репера	Измеряемые параметры (величины)	2017 г.			2022 г.	
			апрель-июнь	июль-сентябрь	октябрь-декабрь	январь-март	октябрь-декабрь
1	2	3	4	5	6	7	8
P-1	1	Горизонтальный угол	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		Вертикальный угол	81.5239	81.5244	81.5313	81.5323	81.5244
		Дальность	15.347	15.356	15.341	15.345	15.356
	2	Горизонтальный угол	293.0954	293.0963	293.0842	293.0847	293.0963
		Вертикальный угол	97.1087	97.1095	97.1052	97.1047	97.1095
		Дальность	13.596	13.594	13.776	13.788	13.594
	3	Горизонтальный угол	272.0469	272.0475	272.0251	272.0249	272.0475
		Вертикальный угол	105.2379	105.2383	105.2478	105.2482	105.2383
		Дальность	10.469	10.477	10.247	10.254	10.477
	4	Горизонтальный угол	249.5601	249.5602	249.5648	249.5649	249.5602
		Вертикальный угол	107.2112	107.2117	107.2207	107.2210	107.2117
		Дальность	22.674	22.679	22.963	22.972	22.679
	5	Горизонтальный угол	233.4774	233.4777	233.4788	233.4796	233.4777
		Вертикальный угол	112.2539	112.2546	112.2674	112.2683	112.2546
		Дальность	22.649	22.654	22.358	22.362	22.654
	6	Горизонтальный угол	198.3879	198.3887	198.3745	198.3742	198.3887
		Вертикальный угол	110.3482	110.3487	110.3384	110.3394	110.3487
		Дальность	13.746	13.749	136.233	136.238	13.749
	7	Горизонтальный угол	207.3749	207.3754	207.3724	207.3722	207.3754
		Вертикальный угол	112.5268	112.5271	112.5246	112.5257	112.5271
		Дальность	22.746	22.749	22.762	22.772	22.749

При изучении данных инструментальных измерений отмечались ровные незначительно изменяемые значения горизонтального угла и дальности. По величине дальности смещения очень небольшие, от 2 до 8 мм, составлена схема векторов смещения (Рисунок 4).

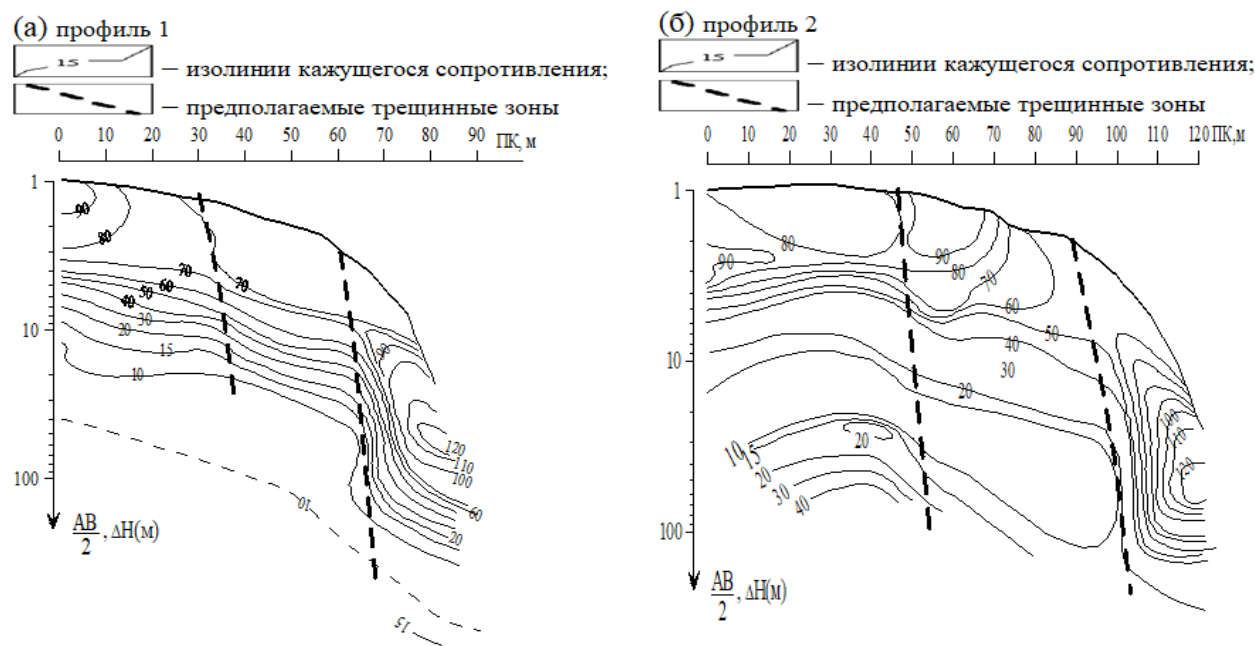


Рисунок 4 – на участке Коктобе разрезы изоом по данным ВЭЗ по профилям 1 и 2 (материалы авторов).

4 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Геодезические исследования являются важной частью рабочих процессов в разных видах деятельности: в строительстве (зданий и объектов инфраструктуры), геологоразведке и добыче полезных ископаемых, в городском планировании, землеустройстве и межевании, при выполнении кадастровых работ. Нельзя сказать, что традиционные методы полностью устарели и срочно нуждаются в полной замене. Однако следует признать, что в ряде случаев они зачастую оказываются гораздо менее эффективными по сравнению с новыми технологиями. Методика проведения геодезических исследований давно известна и мало отличается в плане национальных стандартов и требований. Развитие новых технологий, разумеется, вносит свои коррективы в эту сферу, но в целом традиционные методы и инструменты остаются востребованными. Более сложной становится задача по изысканиям на больших территориях. Хотя и в этом случае большая роль остается за наземными исследованиями и измерениями, выполнять их без поддержки с воздуха становится сложно, трудоемко и дорого. Подспорьем становится использование космической и аэрофотосъемки с последующей расшифровкой материала. Во-первых, сами космоснимки сегодня представляют собой почти полностью автоматизированные платформы с элементами искусственного интеллекта, высокопроизводительным аппаратным и программным обеспечением. Во-вторых, для таких платформ появилось много высококачественного дополнительного оборудования, которое обеспечивает выполнение задач почти любого уровня сложности. В-третьих, специализированное программное обеспечение и соответствующие приложения для компьютеров и мобильных устройств создают единую производственную среду и позволяют эффективно интегрировать беспилотные системы в общий рабочий процесс.

На Каскелен-Талгарском полигоне проявления ОГП отмечаются с неизменным постоянством до 5 – 7 случаев ежегодно. 2021 год был более засушливый, осадков выпало гораздо меньше, чем в 2018 г., но развитие ОГП отмечалось по всем бассейнам рек полигона.

Бассейн р. Каскелен: продолжается разрушение оползнеопасного склона, пост № 13, со смещением вниз по склону до 30 – 50 см, отмечается частичное разрушение дороги (поднятие асфальта дороги); оползень южнее 1 км селевой плотины, левый берег р. Каскелен – при активизации оползня возможны разрушения хоз. строений жилого дома; проявления оползней, расположенных на левом берегу реки, приведут к засыпке полотна дороги; маршрутами, проведёнными по правым притокам реки Каскелен рекам Емеген и Кожай, отмечается широкое развитие оползневых процессов по всей длине рек. Они расположены в малонаселённой зоне и прямого влияния на население не оказывают. Косвенное влияние – при сходе оползней и перегораживанию русел образуются озёра, при прорыве которых возникают паводки, как это было в 2010 году на р. Кожай; активизация боковой эрозии реки приводит к образованию заторов на реке.

Бассейн р. Кыргауылды: разрушение полотна дороги на 4 участках, с образованием крутых и отвесных откосов, высотой более 8-10 м; дорога к дачным массивам в 3 местах была перекрыта на некоторое время оползневыми отложениями; на расстоянии 1,2 км происходят обвалы, вывалы глыб, валунов, с крутых откосов дороги на асфальт.

Бассейн р. Аксай: многочисленные оползни, оплывины на горных склонах приводят к разрушению дачных участков, дорог, проложенных к дачным массивам; активизация боковой эрозии реки приводит склон в районе постов № 1 и № 5 в неустойчивое состояние; сход оползня по р. Акжар, пост № 2, привёл к частичному перекрытию поймы ручья Акжар и формированию дополнительных масс грунта в пойме, а так как по ручью ежегодно, 2-3 раза, проходят селевые потоки, то накопление твёрдой составляющей селевых потоков приведёт к ещё большим разрушениям; селевые потоки по ручью Акжар в 2016 году 3 раза перекрывали дорогу, проходящую по ущелью; мощный оползень в правом борту реки, ниже 1 км характерной излучины, перекрыл частично русло р. Аксай. Оползневые отложения были смыты с образованием отвесных ступеней высотой до 1,2-1,5 м.

Бассейн р. Большая Алматинка: активизация обвальных процессов по дороге ГЭС 1 – БАО на расстоянии более 3 км; активизация боковой эрозии приводит к обрушению пород в русло реки, пост № 11; по руслам левых притоков Большой Алматинки, лог Кокчека и Малютинский, это очаги ливневого селеобразования – сплошные оползни и обвалы; садовое товарищество Алма оползнем разрушен дачный дом.

Бассейн р. Есентай (Весновка): в результате ливневых дождей в 2016 году трасса для проведения лыжных соревнований на отдельных участках полностью разрушена или перекрыта отложениями оползней и оплывин; существует угроза разрушения электроподстанции № 131а Горный гигант, расположенной на гребне горы трамплинов; опасное расположение двух домов, всего в нескольких метрах от подножья крутого склона восточной экспозиции – активизация оползневых процессов может привести к их разрушению. За отчётный период продолжается разрушение горы трамплинов.

Бассейн р. Малая Алматинка: в результате ливневых дождей 2016 года в урочище Медео произошло формирование оползней, которые перекрывали дорогу на гребень плотины, а по западной дороге, в результате оползня, была опасность разрушения опоры канатной дороги на Чимбулак.

Дорога Медео – Чимбулак, южнее 180 м снеголавинной станции велика вероятность разрушения полотна дороги вследствие обрушения склона. Обрывистый склон расположен всего в 2 – 3 м от дороги. Ширина обрушения вдоль дороги до 25 – 30, длина по склону до 60 – 70 м, уклоны до 70 – 80°. По дороге отмечаются трещины.

Ручей Батарейка – по всей длине русла на крутых склонах V-образного ущелья отмечаются оползни, оплывины небольших объёмов.

Гора Коктобе – на территории парка проведены масштабные строительные работы. Построены новая станция канатной дороги, ресторанный комплекс, колесо обозрения, расширена территория гребня горы. Но на крутых склонах всё же отмечаются оплывины, срывы почвенно-растительного слоя, деформация ступеней лестниц, отмостки здания ресторана. На

свежеотсыпанных грунтах, западнее ресторана, организована широкая площадка для транспорта. На западной её окраине, несмотря на проведённое уплотнение грунтов, отмечается образование оползней.

Бассейн р. Широкая щель: оползнями периодически перекрывается дорога к дачным массивам и к пос. Сулусай, подпорная стенка повреждена.

Бассейн ручья Котырбулак: по всей длине ручья отмечаются оползни, оплывины у подножья крутых склонов, подрезаемых рекой. На турбазе Табаган на склоне западной экспозиции в 2016 году сошёл новый оползень. Здесь можно отметить наложение как природных факторов (обильные дожди), так и техногенных – утечка воды из водовода. Маршрутами, проведёнными в 2017 году, вновь отмечалась утечка воды из водоотводящих систем, на что было письмо руководителям лыжного курорта Табаган.

Кроме того, оползни, оплывины, обвалы произошли и по другим рекам Заилийского Алатау: Иссык, Тургень, Узын-Каргалы.

5 ВЫВОДЫ

Основной целью проведенных исследований являлось изучение опасных геологические процессы Каскелен-Талгарского полигона, с помощью традиционных и космических методов геодезических измерений. В результате проведённых работ было определено, что более точную информацию показывают космоснимки, а также их удобно использовать в невидимых местах для традиционного измерения.

В результате космических и традиционных измерений были созданы инженерно-геологические карты (**Рисунок 5**), которые позволяют распределить территорию полигона по степени опасности возникновения оползней и прогнозировать положение отдельных оползнеопасных участков.

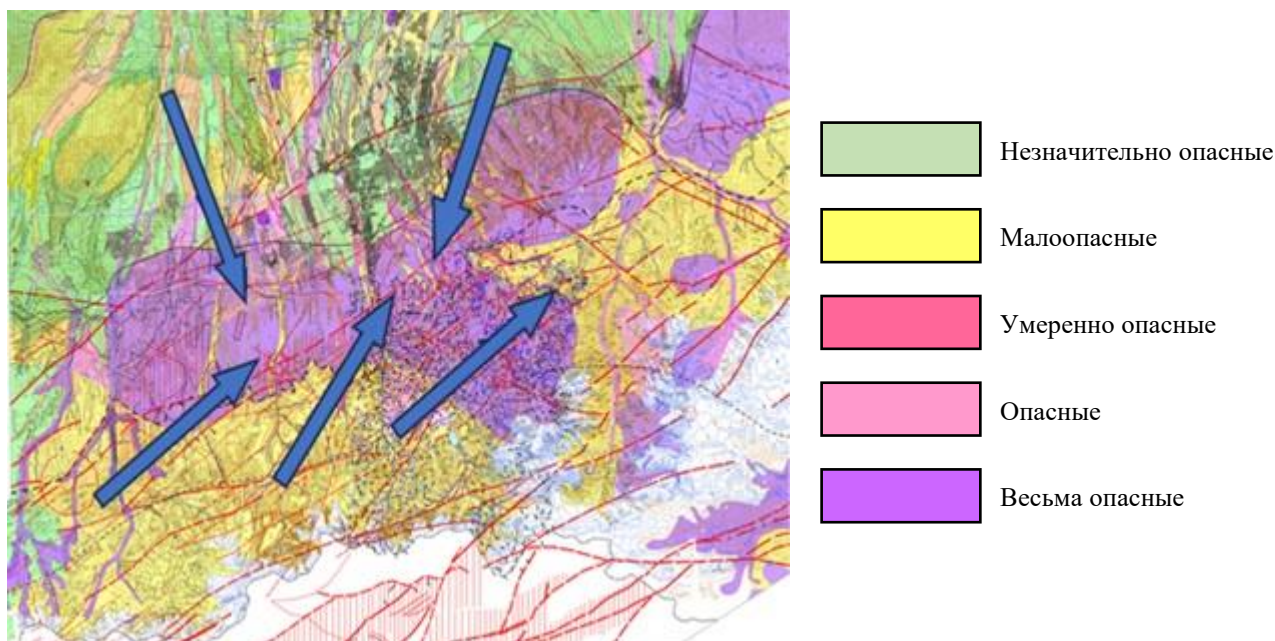


Рисунок 5 – Результаты исследования опасных геологических процессов Каскелен-Талгарского полигона (материалы авторов)

Исследование ОГП проводится комплексом различных методов и включает в себя: дешифрирование крупномасштабных космоснимков со спутников Ikonos, Quik, Bird, позволяющее определить масштабность воздействия человека на природные комплексы, выявить площади наиболее подверженные проявлению опасных геологических процессов, определить

направление проведения мониторинговых маршрутов; топогеодезические работы, выполняемые с целью изучения динамики развития процессов на стационарных постах полигона. Работы проводятся высокоточными современными геодезическими приборами (электронный тахеометр TS15, светодальномеры), со съёмкой с опорных точек грунтовых реперов, установленных на различных элементах изучаемого склона; измерения рулеткой линий между реперами, расположенными по разные стороны трещин; аэровизуальные наблюдения позволяют определить общие направления горных, опытных работ, маршрутных исследований; проведение мониторинговых маршрутов по площади полигона позволяет определить новые участки проявления опасных процессов масштабность и степень их влияния на население.

В настоящее время анализ выполненных исследований по мониторингу ОГП позволил сделать следующие основные выводы:

- По ручьям Акжар, Кокшукыр, Малютинский, Кызылжар, которые являются очагами ливневого селеобразования, прошли селевые потоки, которые привели к значительным изменениям строения долин этих ручьёв, с активизацией оползней, обвалов, боковой и донной эрозии, вдоль всего русла, формированию конусов выноса, перекрывших дороги, русла рек, инженерные коммуникации. Активизация оползневых процессов широко проявила себя на постах № 2, № 5, № 8, № 9, № 12, № 13, № 17, № 26. Сошедшими оползнями повреждены, или засыпаны репера на оползнеопасных склонах, частично перекрыты дороги. Селевые потоки по ручьям Акжар, Кокшукыр, Малютинский, Кызылжар на некоторое время перекрыли дороги по горным ущельям, повредили инженерные коммуникации, водоводы. Селевые отложения ручья Акжар перекрыли долину р. Аксай, заставив её прижаться к левому крутому берегу, что усилило боковую эрозию на постах № 1 и № 5. Крутой берег был подрезан в основании, а в пойме реки смыты 3 грунтовых репера, простоявшие с 2005 года (время создания Каскелен-Талгарского полигона).

- При дешифрировании космоснимков крупного масштаба и разных годов залета, отмечалась степень воздействия человека на природные комплексы, где за 2008-2023 годы выделены ряд площадей масштабного строительства в горной области Заилийского Алатау, определялась масштабность оползневых процессов, формирование и динамика развития трещин отрыва, намечались пути дальнейшего направления полевых работ по изучению ОГП. Для достижения наиболее полной, достоверной и детальной информации необходимы космоснимки высокого разрешения (0,1 – 0,4 на пиксель) и новая версия программы ENVI.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Smirnov, A. I.** (2022). Types and current activity of the development of hazardous geological processes in the Southern Urals and the Urals. [Vidy i sovremennaya aktivnost' razvitiya opasnyh geologicheskikh processov na Yuzhnom Urale i Priural'e. Doklady RAN. Nauka o zemle] Reports of the Russian Academy of Sciences. Geoscience, 507, 173-184. <https://doi.org/10.1134/S1028334X22601584> (In Russ.).
2. **Svalova, V. B., Zaalishvili, V. B., Ganapati, G. P., Nikolaev, A. V., Ginzburg, A. A.** (2019). Integrated environmental monitoring in Russia and India. [Kompleksnyj ekologicheskij monitoring v Rossii i Indii. Geologiya i Geofizika Yuga Rossii] Geology and Geophysics of the South of Russia, 9 (4), 86-101. <https://doi.org/10.23671/VNC.2019.4.44491>. (In Russ.).
3. **Mazur, I. I., Ivanov, O. P.** (2004). Dangerous natural processes (p. 702) [Opasnye prirodnye processy]. Moscow. Publishing House "Economy". (In Russ.).
4. **Mustafaev, S. T., Smolyar, V. A., Burov, B. V.** (2008). Hazardous geological processes in the territory of South-Eastern Kazakhstan [Opasnye geologicheskie processy na territorii Yugo-Vostochnogo Kazahstana] Almaty. (In Russ.).
5. **Medeu, A. R.** (2004). Report. Landslide phenomena in the foothill zone of the northern slope of the Trans-Ili Alatau (p. 135) [Otchyot. Opolznevye yavleniya predgornoj zony severnogo sklona Zailijskogo Alatau] (In Russ.).

6. **Salmenov, E. Z., Borisov, V. N.** (2014). Monitoring hazardous geological processes at the Kaskelen-Talgar test site (p. 321) [Vedenie monitoringa opasnyh geologicheskikh processov na Kaskelen-Talgarskom poligone] (In Russ.).
7. **Seminsky, K. Zh.** (2022). Integrated monitoring of hazardous geological processes in the Baikal region: organization of a pilot network and first results. *Geodynamics and Tectonophysics*, 13 (5) [Kompleksnyj monitoring opasnyh geologicheskikh processov v Pribajkal'e: organizaciya pilotnoj seti i pervye rezul'taty. Geodinamika i tektonofizika] <https://doi.org/10.5800/GT-2022-13-5-0677> (In Russ.).
8. **Salmenov, E. Z., Borisov, V. N.** (2014-16). Monitoring of hazardous geological processes at the Kaskelen-Talgar test site [Vedenie monitoringa opasnyh geologicheskikh processov na Kaskelen-Talgarskom poligone na 2014-2016 gody], 292 p. (In Russ.)
9. **Smolyar, V. A., Burov, B. V., Shestakova, V. V., Galyandina, V. V.** (2005). Generalization of hydrogeological, engineering-geological materials on the UGP of the South-Eastern region of Kazakhstan, exposed to the influence of UGP, for the purpose of certification, compilation of the cadaster. *Almaty* (p. 228) [Obobshchenie gidrogeologicheskikh, inzhenerno-geologicheskikh materialov po OGP Yugo-Vostochnogo regiona Kazahstana, podverzhennomu vozdejstviyu OGP, s cel'yu pasportizacii, sostavleniya kadastra] (In Russ.).
10. **Salmenov, E. Z., Borisov, V. N.** (2014). Creation of additional posts at the Kaskelen-Talgar site for monitoring hazardous geological processes for 2013-2014. *Almaty* (p. 183) [Sozдание dopolnitel'nyh postov na Kaskelen-Talgarskom poligone monitoringa opasnyh geologicheskikh processov na 2013-2014 gody] (In Russ.).
11. **Shaytorov, V. N., Stromov, V. M.** (2006). Results of geophysical work for engineering-geological exploration of areas of landslide processes in the Almaty region. *Funds of IGI NNC RK* [Rezul'taty geofizicheskikh rabot dlya inzhenerno-geologicheskoy razvedki uchastkov opolznevyh processov v Almatinskoj oblasti] (In Russ.).
12. **Cicerone, R. D., Ebel, J. E., Britton, J. A.** (2009). Systematic Compilation of Earthquake Precursors. *Tectonophysics*, 476 (3-4), 371-396. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.06.008>.
13. **Kuo, T.** (2014). Correlating Precursory Declines in Groundwater Radon with Earthquake Magnitude. *Groundwater*, 52 (2), 217-224. <https://doi.org/10.1111/gwat.12049>.
14. **Ma, J., Guo, Y., Sherman, S. I.** (2014). Accelerated Synergism along a Fault: A Possible Indicator for an Impending Major Earthquake. *Geodynamics & Tectonophysics*, 5 (2), 387-399 [Uskorenniy synergizm vdol' razloma: vozmozhnyi indikator neizbezhnogo krupnogo zemletryaseniya. Geodinamika i tektonofizika] <https://doi.org/10.5800/GT-2014-5-2-0134> (In Russ.).
15. **Svalova, V. B., Zaalishvili, V. B., Ganapathy, G. P., Nikolaev, A. V., Melkov, D. A.** (2019). Landslide risk in mountain areas. *Geology of the South of Russia*, 9 (2), 109-127. <https://doi.org/10.23671/VNC.2019.2.31981>.
16. **Vranken, L., Vantilt, G., Van Den Elckhaut, M., Vandekerckhove, L., Poesen, J.** (2015). Landslide risk assessment in densely populated hilly area. *Landslides*, 12 (4), 787-798. <https://doi.org/10.1007/s10346-014-0506-9>.
17. **Wirtz, A., Kron, W., Low, P., Steuer, M.** (2014). The need for data: natural disasters and the challenges of database management. *Natural Hazards*, 70, 135-157. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0312-4>.
18. **Postoyev, G. P., Svalova, V. B.** (2005). Landslides Risk Reduction and Monitoring for Urban Territories in Russia. *Landslides*, 297-303. https://doi.org/10.1007/3-540-28680-2_38.