

Н.И. Сабитова¹, А.Г. Стельмах², Н.Р. Таджибаева³

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ОПОЛЗНЕЙ И ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ УЗБЕКИСТАНА МЕТОДОМ ПЛАСТИКИ РЕЛЬЕФА (НА ПРИМЕРЕ ЧИРЧИКСКОГО БАССЕЙНА)

АННОТАЦИЯ

Борьба с последствиями оползней включает поиск недорогих решений для предотвращения ущерба от оползневых процессов. Одним из эффективных и недорогих методов уменьшения негативного воздействия оползней является составление карт восприимчивости территории к оползням. Картографирование районов, находящихся под угрозой массового оползневого перемещения, способствует принятию обоснованных решений об инвестициях и разрешениях на строительство промышленных объектов и жилых домов на такой местности, уменьшая будущие потери.

Анализ опубликованных материалов по оползневым процессам и явлениям показывает многообразие методов, применяемых для их изучения, оценки и прогнозирования. Однако, несмотря на множество используемых методов, большинство исследований сводятся к применению традиционных методов обработки оползневых данных. Для изучения оползневых процессов нами предлагается метод пластики рельефа. Этот метод позволяет на основе преобразования горизонталей топографических карт в комплексе с материалами полевых исследований (геологические, геоморфологические, геофизические и др.) выделять границы «литодинамических потоков», т.е. оконтуривать пространственные границы формирования, транзита и аккумуляции продуктов оползневого процесса.

Целью наших исследований было показать возможность использования карты пластики рельефа в детализации характера перемещения оползня-склона и установления мест локализации оползневых участков. Картографируемый материал в комплексе с полевыми маршрутами на опорные оползневые участки Чимгансая, расположенного в верхней части долины р. Чирчик, подтвердил контуры развития оползневых процессов.

На основе тщательного анализа и преобразований методом вторых производных изолиний топографических карт были выделены выпуклости и вогнутости рельефа, которые в совокупности образуют литодинамические потоки, создающие пространственную неоднородность форм рельефа. На карте показаны также направление и пространственные границы оползневых потоков. Полученная информация является новой, которая по традиционным картам не выявляется.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метод пластики рельефа, картографирование, оползень, литодинамический поток, топокарта

¹ Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Факультет географии и природных ресурсов, ул. Университетская, д. 4, 100174, Ташкент, Узбекистан; *e-mail*: nellisabitova@mail.ru

² Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Факультет геологии и геоинформационных систем, ул. Университетская, д. 4, 100174, Ташкент, Узбекистан; *e-mail*: stelmakh@rambler.ru

³ Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Факультет геологии и геоинформационных систем, ул. Университетская, д. 4, 100174, Ташкент, Узбекистан; *e-mail*: nadira.ruzievna@mail.ru

Naila I. Sabitova¹, Anna G. Stelmakh², Nadira R. Tajibaeva³

**MAPPING OF LANDSLIDES AND LANDSLIDE PROCESSES
IN UZBEKISTAN USING RELIEF PLASTICS
(ON THE EXAMPLE OF THE CHIRCHIK BASIN)**

ABSTRACT

Combating the effects of landslides involves finding low-cost solutions to prevent damage from landslide processes. One of the effective and inexpensive methods to reduce the negative impact of landslides is to compile maps of the susceptibility of the territory to landslides. Mapping areas at risk of massive landslide displacement contributes to informed decisions about investments and permits for the construction of industrial facilities and residential buildings in such areas, reducing future losses.

An analysis of published materials on landslide processes and phenomena shows the variety of methods used to study, evaluate and predict them. However, despite the many methods used, most studies boil down to the application of traditional landslide data processing methods. To study landslide processes, we propose a relief plastic method. This method allows, based on the conversion of contour lines of topographic maps in combination with field research materials (geological, geomorphological, geophysical, etc.), to identify the boundaries of “lithodynamic flows”, i.e. outline the spatial boundaries of the formation, transit and accumulation of landslide process products.

The aim of our research was to show the possibility of using a relief plastic map in detailing the nature of the movement of a landslide-slope and establishing localization sites for landslide plots. Mapped material in combination with field routes to the landslide support areas of Chingansaya, located in the upper part of the Chirchik river valley, confirmed the contours of the development of landslide processes.

On the basis of a thorough analysis and transformations by the method of second derivatives of the contours of the topographic maps, the convexity and concavity of the relief were identified, which together form lithodynamic flows that create a spatial heterogeneity of the relief forms. The map also shows the direction and spatial boundaries of landslide flows. The information received is new, which is not detected by traditional cards.

KEYWORDS: relief plastic method, mapping, landslide, lithodynamic flow, topographic map

ВВЕДЕНИЕ

Оползни считаются наиболее распространённой экзогенной катастрофой, приводящей к гибели людей и экономическим потерям. Сами оползни возникают в результате выветривания (контакт литосферы с атмосферой), вследствие подмыва берега (контакт литосферы с поверхностной гидросферой), в результате землетрясений (контакт приповерхностной области литосферы с глубинными её частями), из-за хозяйственной деятельности человека (контакт литосферы с техносферой) [Бондарик и др., 2007].

Оползневые процессы широко распространены в предгорных и горных районах Узбекистана — в долинах рр. Чирчик, Ахангаран, Зарафшан, Кашкадарья и др., в которых сосредоточены более 1000 оползнеопасных участков объёмом более 100 млн м³. Их масштабность и интенсивность отражают закономерно развивающиеся изменения рельефа

¹ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Faculty of Geography and Natural Resources, Universitetskaya str., 4, 100174, Tashkent, Uzbekistan; e-mail: nellisabitova@mail.ru

² National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Faculty of Geology and Geographic Information Systems, Universitetskaya str., 4, 100174, Tashkent, Uzbekistan; e-mail: stelmakhag@rambler.ru

³ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Faculty of Geology and Geographic Information Systems, Universitetskaya str., 4, 100174, Tashkent, Uzbekistan; e-mail: nadira.ruzievna@mail.ru

горно-складчатых областей в четвертичное время. К тому же в предгорных районах, сложенных мощными лёссовыми толщами, интенсивно развита эрозионная деятельность [Садыков, 2011].

Оползневый вопросам Узбекистана посвящено много работ (Мавлянов Г.А., Кузьминов М.П., Толоконников В.В., Кирсанова Р.Ф., Петрухин И.А., Юнусов В.Ю., Ходжаев М.Г., Соколовский В.Б., Герсевич Н.М., Гольдштейн М.Н., Маслов Н.Н., Цитович Н.А., Шахнулянц Г.М. и др.) [Ниязов, 2009]. В них рассматриваются стратиграфические, литологические, инженерно-геологические и сейсмические характеристики пород, слагающие оползневые склоны, классифицируются оползни, анализируются причины, вызвавшие смещения горных масс, и предлагаются меры борьбы с оползнями. Вместе с тем до настоящего времени практически отсутствуют исследования, направленные на изучение и картографирование оползней и оползневых процессов на основе метода пластики рельефа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В пределах Чирчикского бассейна Узбекистана обширному развитию оползней способствуют активные четвертичные тектонические колебания и широкое распространение лёссовых отложений. Оползневые процессы широко распространены, особенно на делювиальных и пролювиальных лёссовых склонах в долинах Пскема, Угама, левых и правых склонов Чарвакской котловины. Здесь, по мнению С.К. Хакимова [1992], более 70 % оползней расположены выше 2000 м, из них около 99,8 % отмечаются в лёссовых суглинках, слагающих уступы террас и склоны.

Участок Чимгансай расположен в верхней части бассейна р. Чирчик (ниже места слияния рр. Пскем и Угам) и административно входит в Босталынский район Ташкентской области Узбекистана (рис. 1).

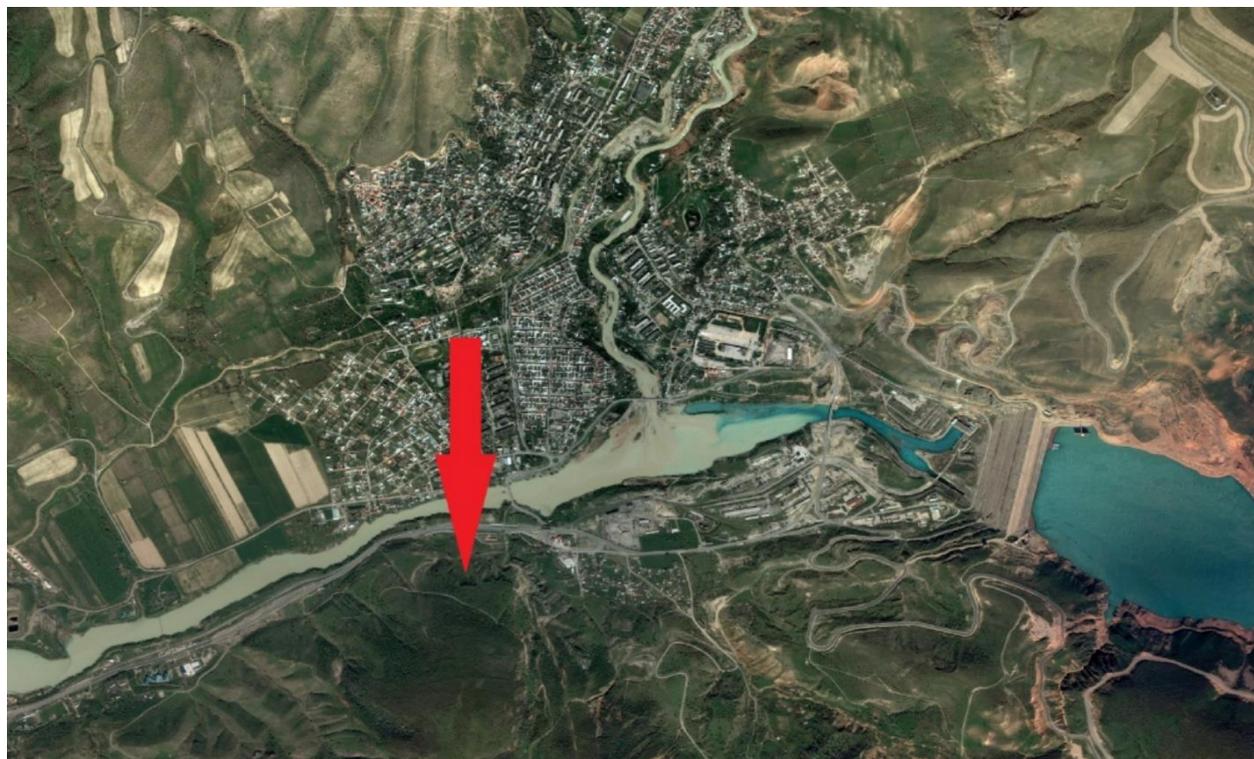


Рис. 1. Участок Чимгансай на космоснимке

Fig. 1. Chimgansai plot in a space image

Современный рельеф изучаемой территории в общих чертах аналогичен рельефу большинства межгорных впадин Тянь-Шаня, обрамлённых горными поднятиями. Здесь основными рельефообразующими факторами явились новейшие тектонические движения, обуславливающие воздымание горст-антиклинальных хребтов и прогибание впадин.

Процесс рельефообразования сводился к врезанию речных долин в поднимающийся район и образованию на склонах целого ряда эрозионно-аккумулятивных лёссовых террас. В целом современный рельеф является в какой-то мере унаследованным, т.к. он в общих чертах сохранил свои древние контуры, а экзо- и эндогенные процессы лишь наложили свой отпечаток.

На изученном участке отчётливо выделяются две геоморфологические области: палеозойское горное обрамление и межгорная долина р. Чирчик, рельеф которых развивается в соответствии с их структурно-тектоническим планом. В пределах этих областей получили широкое распространение следующие генетические типы рельефа: в палеозойском обрамлении — тектонико-денудационный, на глыбово-складчатом и кристаллическом основании; в межгорной долине — аккумулятивно-денудационный и аккумулятивно-эрозионный, на глыбово-складчатом основании.

Тектонико-денудационный тип рельефа развит в пределах абсолютных отметок 1800–2000 м и характеризуется как низкогорный с подчинёнными элементами среднегорья. Геоморфологическую основу этого типа рельефа составляют Чимганский массив и Ализарское поднятие. Горные сооружения начали формироваться в палеогене; в четвертичном же периоде они достигли абсолютных отметок 2000–3000 и более м. Относительное превышение водоразделов хребтов над впадинами составляет 1800–2000 м. В пределах данного типа рельефа основными рельефообразующими факторами являются глубинная эрозия и процессы денудации. В связи с этим в пределах участка выделены следующие разновидности склонов или элементы рельефа: склоны гравитационного сноса, склоны гравитационного накопления и склоны элювиально-делювиального накопления.

Склоны гравитационного сноса развиты в пределах южной части описываемого участка (Чимганский массив), сложенного известняками, гранитами, гранодиоритами и порфиритами палеозойского возраста. Ведущими процессами, формирующими склоны данного типа, являются физическое выветривание, денудационный и гравитационный снос, что обуславливает, как правило, вогнутую в плане и профиле форму склона. Продукты выветривания под действием силы тяжести сносятся к основанию склонов в тальвеги саев («сай» — сухое русло временного водостока), откуда они либо транспортируются, либо образуют коллювиальный шлейф на склонах гравитационного накопления. Развитие склонов данного типа контролируется литологическим, структурно-тектоническим и экспозиционным факторами.

Литологический фактор — склоны данного типа выработаны в районах, сложенных интрузивным комплексом пород палеозойского возраста. Последние легко поддаются выветриванию.

Структурно-тектонические особенности — нарушение сплошности пород многочисленными разломами, по которым происходили подвижки отдельных блоков, складчатость, сопровождающаяся микротрещиноватостью, также способствует усиленному выветриванию пород палеозойского возраста.

Экспозиционный фактор играет для этого типа подчинённую роль, однако следует отметить, что на склонах солнечной (южной) экспозиции в ряде случаев физическое выветривание доминирует над химическим, а сами склоны без чёткой границы переходят в склоны элювиально-делювиального накопления.

Постоянное обновление поверхности склонов за счёт гравитационного сноса способствует развитию процессов физического выветривания, что ведёт в конечном итоге к формированию крутых скалистых форм рельефа с узкими скалистыми водоразделами, отдельными остроугольными пиками и вершинами.

Склоны гравитационного накопления на изученной территории развиты в нижних частях Чимганского поднятия, на правом борту в верхней половине долины и, как правило, являются продолжением склонов гравитационного сноса. Крупнообломочный материал в виде глыб сносится на пониженные участки и накапливается в виде крупнообломочных осей, размеры которых зависят в основном от площади выхода коренных пород рельефа нижней части склона. Ширина осей варьирует от 5–10 до 100–200 м, а протяжённость до 500 м и более. Форма их в плане чаще треугольная, на участках тектонических нарушений прямоугольная. В плане форма склонов гравитационного накопления преимущественно выпукло-вогнутая. Крутизна их меняется от 35° до 45° и более.

Склоны элювиально-делювиального накопления обычно сопрягаются с водоразделами, представляющими собой фрагменты древних дочетвертичных, раннечетвертичных поверхностей выравнивания и нанайской террасы. Располагаются они, как правило, в интервалах высот от 1400 до 2500 м, выработаны в скальных грунтах дочетвертичного возраста. Водоразделы куполовидной формы (горы Малый Чимган), выположенные, уплощенные, слабо расчленённые, иногда отмечены гидросетью с уклонами в сторону Бричмуллинской впадины от 1–2 до 10–15°, редко с обратным уклоном.

На древних поверхностях выравнивания развит маломощный суглинисто-щебнистый чехол, иногда с фрагментами почв типа снежных полей и высокогорья (светло-коричневые, выщелоченные от карбонатов почвы). В ряде случаев этот чехол отсутствует. Водораздельные денудационные поверхности большей частью очень постепенно переходят в склоны элювиально-делювиального накопления, отличаются слабой расчленённостью (глубина врезов 40–100 м), саями, небольшой крутизной склонов — до 10–25°, редко 30° и более. Форма склонов в плане и профиле, как правило, выпуклая.

Мощность суглинисто-щебнистого чехла различна для склонов теневой и солнечной экспозиции. Чаще всего чехол мощнее на первых и имеет более грубый механический состав на вторых. Своим образованием эта форма рельефа обязана процессам физико-химического выветривания, протекающим очень медленно в силу структурно-тектонических, литологических и климатических условий.

Слабая расчленённость рельефа препятствует выносу элювиального материала, образовавшегося за счёт физического выветривания на поверхности скальных пород. Накопившийся грубообломочный материал, почти не испытывавший перемещения, прикрыл коренные породы от действия атмосферных агентов, плоскостной и линейной эрозии. Верхняя часть элювиально-делювиального покрова переработана в результате химического выветривания и биологических процессов до мелкоземистого состояния. При этом следует отметить, что процессы химического выветривания происходят очень медленно из-за гипсометрических и климатических условий.

Вторая геоморфологическая область охватывает собственно Бричмуллинскую впадину, нижнюю половину долины Чимганская и их склоны, сложенные дислоцированными отложениями мезо-кайнозоя. Формирование рельефа началось в конце мелового периода и проходило на фоне непрерывно-прерывистого поднятия области.

В целом большие амплитуды тектонических движений в четвертичном периоде повлияли на формирование современного рельефа. Периоды относительного тектонического покоя сопровождались плоскостной денудацией, накоплением аллювия и выработкой широких меандрирующих долин. В периоды тектонических движений усиливались процессы глубинной эрозии, вырабатывались формы рельефа с резкими скалистыми формами.

В пределах второй геоморфологической области выделяются следующие типы рельефа: аккумулятивно-денудационный, созданный нанайским и ташкентским циклами эрозии, и аккумулятивно-эрозионный, выработанный в голодностепский и сырдарьинский циклы эрозии.

Аккумулятивно-денудационный тип рельефа приурочен к склонам речных долин и сформировался в нижне- и среднечетвертичное время, когда в результате тектонико-денудационных процессов на склонах речных долин были выработаны сквозные террасовые уровни: нанайский, угамский, сиджакский, кызылсуйский.

Склоны делювиального накопления занимают значительную (до 35 %) площадь исследованной территории, развиты у уровней различных по возрасту террас и сложены делювиальными суглинками с крайне неравномерным содержанием грубообломочного материала, залегающего на полускальных и связных грунтах мезо-кайнозойского возраста.

Рельефообразующие процессы на склонах солнечной и теневой экспозиций протекают различно; они способствовали выработке ассиметричного поперечного профиля долины.

Для склонов теневой экспозиции характерны: мощный суглинистый покров, довольно крутые водоразделы, ступенчатый рельеф склонов саев, большое количество оползней различного типа. Природные условия склонов теневой экспозиции (умеренные и низкие температуры, большое количество атмосферных осадков, богатая травяная и кустарниковая растительность) способствуют интенсивному физико-химическому выветриванию коренных пород, со временем превращающихся в мелкозём.

Процессы аллювиального накопления доминируют над делювиальным способом и сопровождаются развитием почв. Зрелые почвы являются относительными водоупорами, на которых во влажные периоды года образуются локальные горизонты грунтовых вод. Переувлажнение суглинков приводит к массовому образованию оползней, постепенно съедающих приводораздельную часть склона. В результате вырабатывается ступенчатый тип рельефа с псевдотеррасами оползневого происхождения, которые рядом исследователей увязываются с нормальными цикловыми или локальными террасами. По стенкам срыва оползней, лишённых дерна, развиваются эрозионные борозды и пропилы, сходят лавины. На обнажившейся поверхности элювия и коренных пород снова начинается почвообразование, продолжающееся до нового оползня. Именно таким образом развивался ступенчатый рельеф бассейна руч. Чимгансай, Аркутсай, Кансай, Пустынлик, Кайнар и мн. др. с крутизной 20–40° и более.

На склонах солнечной экспозиции из-за неблагоприятных условий (высокие температуры, малое и умеренное количество атмосферных осадков, редкая размеренная эфемерная растительность) преобладает делювиальный снос. На дневную поверхность выступают скальные, полускальные и свежие грунты дочетвертичного возраста, прикрытые сравнительно маломощным мелкоземисто-щебнистым чехлом. Мощность чехла несколько увеличивается у основания склонов. Преобладают процессы физического выветривания, плоскостная и линейная эрозии. На таких склонах формируются сели. Склоны пологие 10–20° (редко более) с длинными пологими водоразделами. Возраст склонов датируется как четвертичный.

Склоны делювиального накопления, обязанные своим происхождением массовому, повторяющемуся циклично и неоднократно на протяжении четвертичного периода процессу образования оползней, получили широкое распространение в верховьях и на левом борту Чимгансая. Это крутые, ступенчатые склоны с многочисленными часто бугристыми ступенями у основания, вогнутые в плане и тяготеющие обычно к склонам теневых экспозиций с развитым мощным, часто обводнённым суглинистым покровом.

В рельефе особенно хорошо выделяются цирки древних оползней, ограниченные часто крутой и высокой стенкой срыва. Днище цирков характеризуется бессистемным чередованием мелких бугров и впадин, покрытых влаголюбивой растительностью.

Следует отметить, что рельеф района является одним из основных факторов, участвующих в развитии оползневых и других геоморфологических (или геодинамических) процессов. Как правило, многочисленные оползневые смещения приурочены либо к крутым уступам террас, либо к склонам делювиального накопления, имеющим по площади

широкое развитие. К крутым обрывистым склонам, развитым у уровней тех или иных террас, обычно приурочены оползни фронтального типа, оползни-обвалы, поверхностные сплывы, в то время как на пологих склонах чаще всего развиваются оползни-потоки с большой глубиной захвата.

Активную роль в образовании оползневых явлений на описываемом участке играют атмосферные осадки, т.к. в период их максимального выпадения резко увеличиваются оползневые процессы. Смещения земляных масс приурочены преимущественно к поверхности делювиальных склонов. По условиям образования, размерам, форме и характеру движения масс эти смещения отличаются значительным разнообразием.

Здесь подземные воды четвертичных отложений имеют наибольшее значение и распространение. Трещинно-поровые воды циркулируют в галечниково-конгломератовой толще, залегающей в нижней части разреза четвертичных отложений. Их режим обусловлен количеством выпадающих атмосферных осадков. Выклинивание воды происходит в уступах террас на границе конгломератов и суглинков с подстилающими их водоупорными породами. Расходы родников различные — от 0,001 л/с до 1,0 л/с. Поровые воды формируются в аллювиальных русловых отложениях и в делювиальных отложениях горных склонов.

На территории исследований отмечаются поверхностные сплывы, которые наблюдаются на северо-западных склонах, северных и южных частях территории и на стенках срыва старых оползней. Проявляются они в основном на крутых склонах (35–38°), сложенных лёссовидными отложениями. Смещения характеризуются глубиной захвата до 1,5 м. Форма оползня подковообразная, каплеобразная, полукруглая и ногтеобразная. Размеры поверхностных сплывов колеблются по ширине 5–25 м и по длине 6–120 м.

Наблюдаются также оплывины, которые отличаются от поверхностных сплывов большей глубиной захвата грунта, смещением от 1,5 до 5,0 м. Они зарегистрированы в бортах и на поверхности делювиального склона северной части исследуемой территории; образуются в результате переувлажнения покровных лёссовидных суглинков атмосферными осадками. Оплывины происходят катастрофически быстро и представляют большую опасность для объектов.

Оползни-потоки в пределах исследуемой территории получили широкое развитие на склонах Безымянного сая, где по контакту с коренными породами в смещение вовлекаются лёссовидные суглинки. Это медленные, длительные, реже сравнительно быстрые смещения земляных масс, сильно разжиженных подземными водами и атмосферными осадками, сползающие вниз по склону.

Наблюдаются оползни-обвалы, представляющие собой свободное падение земляных масс или очень быстрое их скольжение, вызванное подрезкой склонов поверхностными водотоками, строительными работами, при смачивании грунтов атмосферными осадками, а также иногда подземными водами. Наблюдается данный вид оползня в борте Безымянного сая, в нижней части склона. Крутизна склона 24–26°. Глубина захвата пород смещением 7,0 м, ширина оползня 75 м, длина по склону 35 м.

В пределах описываемой территории оползень-обвал отмечен на поверхности делювиального склона. В смещение вовлечены лёссовидные суглинки с включением гальки и обломков коренных пород. Причиной развития различных типов оползней являются также сейсмические процессы.

Система оползневых процессов функционально связана с хозяйственной деятельностью человека; в частности, формируются дополнительные нагрузки — на бортах каналов, карьеров, шахт, берегах водохранилищ. Освоение населением склонов под сельскохозяйственную культуру и их обводнение стимулирует всю систему оползневого процесса.

Обычно картографирование оползней на изучаемой территории выполнялось с использованием материалов специализированной инженерно-геологической съёмки и

дополнялось материалами дешифрирования аэрофотоснимков. Результаты аэрофотосъёмки использовались для качественного опознавания и оконтуривания оползней на карте пластики рельефа и получения количественных сведений для сравнительной оценки интенсивности их развития на различных участках.

При использовании метода пластики рельефа предлагается принципиально новый подход [Степанов, 2006]. Выделение морфоизограф осуществляется непосредственно по горизонталям топографической карты или плана. В результате их положение будет определяться, исходя из масштаба и высоты сечения рельефа топографической основы.

Составление карты или плана пластики рельефа включает в себя следующий комплекс операций:

- проводится геоморфологический анализ территории по имеющимся литературным и картографическим источникам, устанавливаются тип и особенности её строения;
- производится подбор комплекта топографических карт на эту территорию;
- по топооснове определяют общий уклон местности, проводят линии водоразделов и тальвегов, выделяя, таким образом, бассейны разного порядка и их склоны (водораздельная линия проводится по точкам наибольшей кривизны выпуклого и вогнутого участка кривой);
- между линиями водораздела и тальвега, учитывая направление поперечного и продольного уклонов, по точкам перегиба горизонталей проводят линии морфоизограф;
- одновременно с построением морфоизограф проводят морфометрический анализ территории.

На основе тщательного анализа и преобразований методом вторых производных, изолиний топографических карт выделяются выпуклости и вогнутости рельефа, которые в совокупности образуют литодинамические потоки, создающие пространственную неоднородность форм рельефа и являющиеся каркасом для последующих этапов работ. Карта позволяет показать направление и пространственные границы литодинамических потоков, определяющие области формирования, транзита и аккумуляции продуктов экзогенного процесса [Сабитова, 2018].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основой изучения использования карт пластики рельефа служит структурный подход. Он делает возможным выявление структурных уровней рельефа, его «скелета» [Степанов, 2006], а также морфологических особенностей исследуемой территории.

Одним из отчётливых морфологических признаков оползневых процессов являются многочисленные трещины и разрывы, которые, как наиболее податливые зоны земной коры, часто служат местами заложения эрозионных форм разных порядков. Этому способствуют не только раздробленность породы вдоль зон нарушений, но и концентрация в них поверхностных и подземных вод. Эрозионные формы, заложившиеся по трещинам и разломам, принимают их направление и в плане (на картах, аэро- и космических снимках) обычно имеют ортогональный характер: прямолинейные участки долин чередуются с резкими изгибами под прямыми или острыми углами. Их анализ может сыграть существенную роль при изучении природы оползневого процесса.

В зависимости от скоростей тектонических и денудационных процессов, рельеф может развиваться двумя путями — по восходящему типу и нисходящему типу. По первому способу рельеф формируется, если тектоническое поднятие территории превышает интенсивность денудации. В случае восходящего развития рельефа увеличиваются его абсолютные и относительные высоты, усиливается глубинная эрозия, речные долины приобретают форму теснин, ущелий и каньонов, активизируются обвальнo-осыпные процессы. В речных долинах поймы сужаются или полностью исчезают, формируются цокольные террасы и обнажения на обрывистых берегах, а в руслах рек — пороги и уступы.

В горах геологические структуры приобретают чёткое отражение в рельефе, возникает альпийский рельеф, т.е. в предгорьях накапливаются толщи флишевого обломочного материала.

Нисходящий тип развития рельефа проявляется, если скорость тектонического воздымания территории меньше величины денудации. В этом случае уменьшаются абсолютные и относительные отметки рельефа, уменьшаются и выполаживаются склоны. Речные долины расширяются, в них накапливается аллювий. В горах прекращается рельефообразующая роль снега и льда, затушёвывается структурность рельефа, вершины и гребни хребтов принимают округлые очертания, уменьшается крупность флиша.

Рельеф (крутизна склона, места перегибов, расчленённость, глубина и ширина сая) играет основную роль в процессе движения оползней-потоков. Глубокие оползни формируются на склонах с крутыми и глубокими оврагами, дренирующими водоносные горизонты. Часто пусковым механизмом начала образования оползня служат ливневые осадки, активизирующие эрозионные и суффозионные процессы. Формирование оползней-потоков через псевдокарстовый процесс объясняют подземным размывом лёссовых пород за счёт стока атмосферных осадков. Однако при наличии достаточного теоретического обоснования оценка и прогноз активизации оползневых процессов в настоящее время недостаточно решены. В связи с этим вопрос картирования участков с проявлением оползневых процессов актуален.

Границы между разными формами земной поверхности проводят обычно в поле, используя горизонтали карт рельефа в качестве вспомогательного инструмента. Многие вопросы, рассматриваемые в поле, связаны с решением проблем границ. Трудность их проведения заключается в стёртости морфологических границ, которая ставит исследователя в трудное положение.

Как известно, оползневой процесс, развивающийся вследствие потери склоном (откосом) устойчивости, представляет собой перемещение массы горных пород, слагающей этот склон [Петров, 1988]. Карта пластики рельефа позволяет увидеть наглядные формализованные потоковые образы. Мы имеем на картах не плоское изображение рельефа, а объёмное, и можем определить различие основных элементов рельефа (долин и наддолин) по характеру кривизны их выпуклых форм. В результате горные породы и отложения стали изображаться в виде механически движущихся тел-потоков, что позволило установить формы рельефа со свойственными им оползневыми трещинами.

На рис. 2А показан участок, где выпуклости затенены, а вогнутости остались светлыми. Потоки представлены древними русловыми отложениями, подверженными эрозии. Вогнутости образуют нижнюю часть выпуклостей потоков, их подошву или, иначе, подложку, по которой совершают идеализированное движение потоки. Мы показываем системную целостность структур земной поверхности — потоков.

Метод пластики позволяет представлять на картах тела природы (литодинамические потоки), механически движущиеся от одной точки горизонтали к другой нижележащей точке под влиянием поля земного тяготения.

На рис. 2Б фиксируется перемещение границ оползня-потока, смена их качественных и количественных характеристик.

В целом склоны Чимгансая характеризуются различной степенью устойчивости и, следовательно, разным состоянием в отношении оползнеопасности. Здесь оползни выделены на следующих типах склонов и террасах.

Оползень № 1. Склон сложен с поверхности лёссовидными суглинками мощностью более 5 м, грунтовые воды не вскрыты, развит плоскостной смыв.

Оползни № 2 и № 6 развиты на условно устойчивых, переувлажнённых участках и крутых склонах, в основном в средней части исследуемой территории и протягиваются в пределах полосы вдоль поверхности сыджакской террасы. Представлены они суглинками с включением гальки и обломков коренных пород. Из современных инженерно-

геологических процессов развит плоскостной смыв, а также образование единичных промоин, оврагов и оползней.

Оползни №№ 3, 9, 4, 10, 11, 8, 20, 21, 16, 19, 18, 5, 12 развиты на «неустойчивых» склонах, которые провоцируют интенсивное развитие оползней, рост оврагов и промоин. Эти крутые делювиальные склоны сложены лёссовыми породами с включением обломочного материала и составляют около 35 % всей площади в центральной, юго-восточной и северо-восточной частях Чимганского массива.

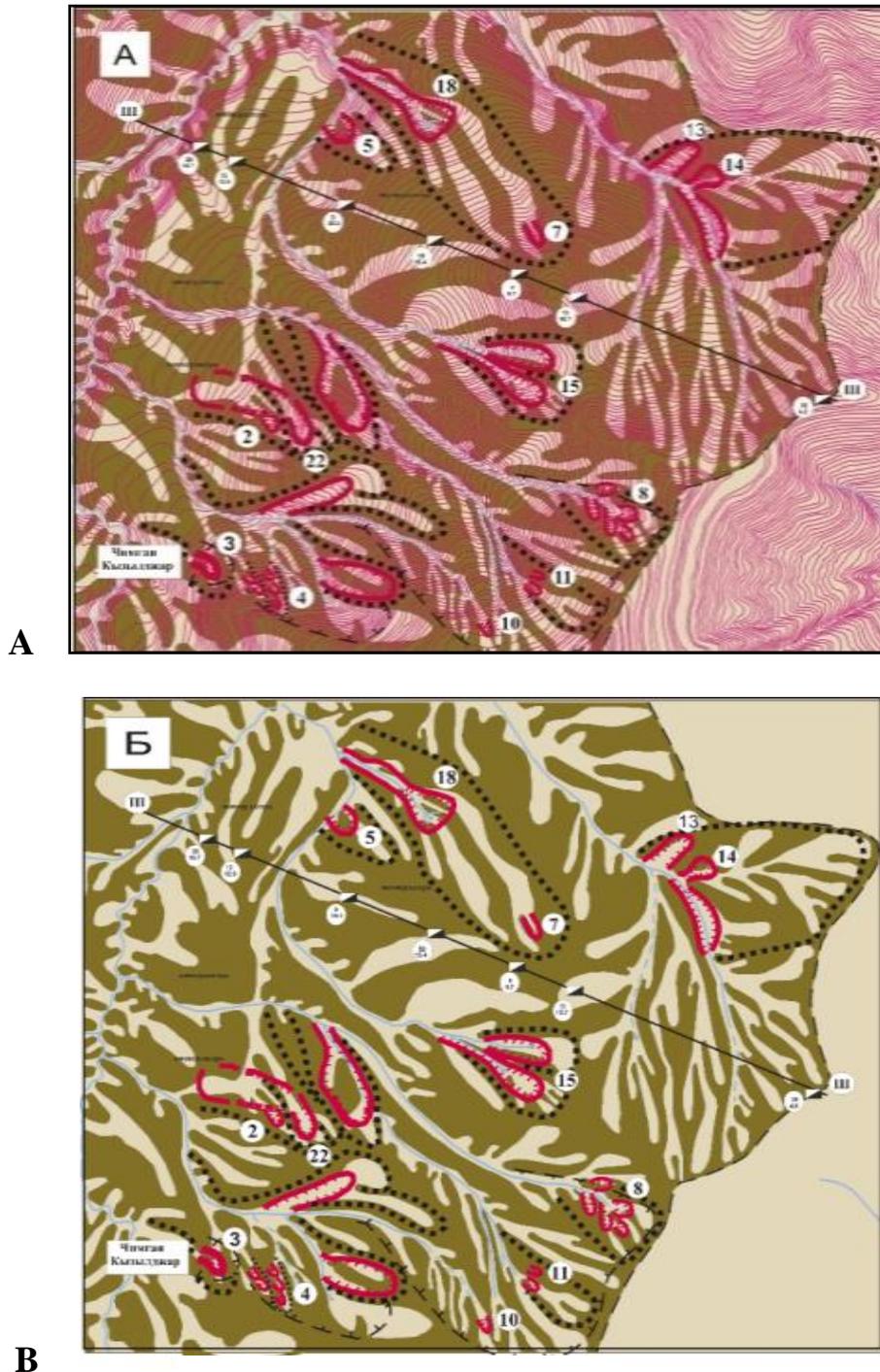


Рис. 2. Карта пластики рельефа для участка Чимгансай:
 А) карта пластики рельефа; Б) литодинамические потоки
 Fig. 2. Relief plastic map for Chimkansai site:
 А) relief plastic map; В) lithodynamic flows

Часть оползней развита в долине Чимгансая и Безымянного сая, борта которых обрывисты, высотой более 20 м, сложены суглинками с большим содержанием галек, валунов и обломков коренных пород — в основном это оползни-обвалы и поверхностные сплывы. По саям распространены оползневые массы в виде селевых потоков от крупных оползней, образующихся в верховьях саев.

Как видно из рис. 2А, оползни развиты в пределах элементарных бассейнов стока, которые позволяют выделить границы стока. Поточковые структуры на карте пластики рельефа являются естественной элементарной пространственно-временной структурой любых по возрасту поверхностей земной коры, в т.ч. и погребённых, лежащих на глубине.

Потоки образуют литодинамическую потоковую систему земной поверхности склонов Чаткальского хребта, которая имеет древовидную форму, напоминающую геометрические фракталы (рис. 2Б).

ВЫВОДЫ

1. Анализ опубликованных данных позволяет говорить об актуальности исследований оползневого процесса и многообразии методов, применяемых для его изучения, оценки и прогнозирования. Для наиболее полного анализа условий развития оползневого процесса в предгорных и горных областях Узбекистана с целью выявления факторов его развития, а также определения степени их влияния на развитие процесса предлагается метод пластики рельефа. Предлагаемый подход позволил осуществить систематизацию данных, основываясь на уже проведённых исследованиях, в комплексе с картографическим материалом «поточковых движений» метода пластики рельефа выделить оползневые участки.

2. На примере участка Чимгансай апробирована методика пластики рельефа. В результате проведённых исследований установлено, что рельеф (крутизна склона, места перегибов, расчленённость, глубина и ширина сая) играет основную роль в процессе движения оползней-потоков. Чем больше крутизна, чем быстрее разгоняется тело, чем длиннее крутой участок, тем большую скорость оно наберёт и дальше переместится. При резком увеличении крутизны часть потока, прошедшая этот перегиб, резко ускоряется и отрывается от задней, мощность падает, поток вытягивается. При выполаживании поверхности передняя часть потока тормозится, задняя нагоняет и выпирает, в результате мощность растёт. Оползневая масса, двигаясь в поле земного тяготения, создаёт геометрию, отвечающую этой движущейся массе. При составлении карты пластики рельефа по изолиниям топографической карты проводят линии, тем самым выделяя тальвеги и окружающие их водоразделы.

3. Выявлено, что в зависимости от скоростей тектонических и денудационных процессов рельеф может развиваться по восходящему и нисходящему типам. По первому способу рельеф формируется, если тектоническое поднятие территории превышает интенсивность денудации. Во втором случае увеличиваются абсолютные и относительные высоты рельефа, усиливается глубинная эрозия, речные долины приобретают форму теснин, ущелий и каньонов, активизируются обвально-осыпные процессы. В речных долинах поймы сужаются или полностью исчезают, формируются цокольные террасы и обнажения на обрывистых берегах, а в руслах рек — пороги и уступы. В горах геологические структуры приобретают чёткое отражение в рельефе, возникает альпийский, т.е. резко расчленённый рельеф, и накапливаются толщи флишевого обломочного материала в предгорьях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарик Г.К., Пендин В.В., Ярг Л.А. Инженерная геодинамика. М.: КДУ, 2007. 327 с.

2. *Ниязов Р.А.* Оползни Узбекистана (тенденции развития на рубеже XXI века). Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2009. 208 с.
3. *Петров Н.Ф.* Оползневые системы. Простые и сложные оползни (аспекты классификации). Кишинёв: Штиинца, 1988. 226 с.
4. *Сабитова Н.И., Стельмах А.Г., Таджибаева Н.Р.* Перспективность изучения оползневых процессов на основе метода пластики рельефа и ГИС-данных. Вестник НУУз. № 3/1. Ташкент: Университет, 2018. С. 447–452.
5. *Садыков А.Х.* Оползневая устойчивость лёссовых склонов и откосов при сейсмических воздействиях. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. н. Ташкент: Сейсмология, 2011. 19 с.
6. *Степанов И.Н.* Теория пластики рельефа и новые тематические карты. М.: Наука, 2006. 230 с.
7. *Хакимов С.К.* Русловые процессы на горных реках Западного Тянь-Шаня. Дисс. ... канд. геогр. н. М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 1992. 250 с.

REFERENCES

1. *Bondarik G.K., Pendin V.V., Yarg L.A.* Engineering geodynamics. Moscow: KDU, 2007. 327 p. (in Russian).
 2. *Khakimov S.K.* Channel processes on the mountain rivers of the Western Tien Shan. PhD dissertation. Moscow: Moscow State University named after M.V. Lomonosov, 1992. 250 p. (in Russian).
 3. *Niyazov R.A.* Landslides of Uzbekistan (development trends at the turn of the 21st century). Tashkent: HYDROINGEO, 2009. 208 p. (in Russian).
 4. *Petrov N.F.* Landslide systems. Simple and complex landslides (classification aspects). Kishinev: Shtiintsa, 1988. 226 p. (in Russian).
 5. *Sabitova N.I., Stelmakh A.G., Tadjibaeva N.R.* The prospect of studying landslide processes based on the method of relief plastic and GIS data. NUU news. No 3/1. Tashkent: University, 2018. P. 447–452 (in Russian).
 6. *Sadykov A.Kh.* Landslide stability of loess slopes and slopes during seismic impacts. Abstract of diss... PhD of geol. and mineral. sc. Tashkent: Seismology, 2011. 19 p. (in Russian).
 7. *Stepanov I.N.* Theory of relief plastic and new thematic maps. Moscow: Nauka, 2006. 230 p. (in Russian).
-