

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 419 (2016), 99 – 109

A. N. Mitrofanova, R. Sh. Kalita, A. D. Abitbayeva, A. A. Bekkuliyeva

«The Institute of Geography» Ltd., Almaty, Kazakhstan

ANALYSIS OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF INTERNATIONAL LOGISTIC CENTER TERRITORIES OF ARAL AND TURKISTAN CITIES

Abstract. The engineering and geological conditions of logistic center territories of Aralsk and Turkistan cities determined by the development of loose rocks. They related with the manifestations of numerous hazardous geological processes like salinization, swamping, deflation, linear erosion, slope wash, the phenomenon of subsidence, etc. Their development conditions significantly depend on anthropogenic factor.

Sand massifs are affected by active deflation processes and with the development of the territory can cover large areas. In terms of construction and highway exploitation and related structures, deflation is an essential complicating factor and should be considered as the most important. Natural conditions and geodynamic processes affecting the linear structures, both in the construction and exploitation are very diverse. The increasing of salinity, gullyng in some places, locally – subsidence, corrosion activity and aggressiveness of pore waters concerning to the concrete and metal are complicating factors.

The detailed quantitative assessment of soil properties and the impact of engineering-geological processes on the territory of the logistics centers are examined.

Keywords: logistic center, soils, rocks, physical and mechanical properties, hazardous processes, risk exposure.

УДК 624.131.1(574.1)

А. Н. Митрофанова, Р. Ш. Калита, А. Д. Абитбаева, А. А. Беккулиева

ТОО «Институт географии», Алматы, Казахстан

АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ ГГ. АРАЛЬСК И ТУРКИСТАН

Ключевые слова: логистический центр, грунты, породы, физико-механические свойства, опасные процессы, риск воздействия.

Аннотация. Рассмотрены инженерно-геологические условия территории логистических центров гг. Аральск и Туркистан, которые определяются развитием в основном грунтов нескального типа. С ними связаны проявления ряда опасных геологических процессов (засоление, заболачивание, дефляция, линейная эрозия, плоскостной смыв, просадочные явления и т.д.). На их режим развития существенное влияние оказывает антропогенный фактор. Песчаные массивы подвергнуты активным процессам дефляции, которые могут охватить значительные площади по мере освоения территории. Дефляция является существенным фактором,

осложняющим условия строительства и эксплуатацию магистрали и связанных с ней сооружений, и ее следует рассматривать в числе важнейших Природные условия и геодинамические процессы, влияющие на линейные сооружения, как при строительстве, так и при эксплуатации, весьма разнообразны. Осложняющими факторами являются повышенная, в отдельных местах высокая засоленность грунтов, оврагообразование, локально-просадочность, коррозионная активность и агрессивность поровых вод по отношению к металлу и бетону. Дана подробная количественная оценка физико-механическим свойств грунтов, рассмотрено влияние инженерно-геологических процессов на территории логистических центров.

Введение. Предварительная оценка территории транспортно-логистических центров в предполагаемых пределах должна основываться на данных инженерно-геологической и геоморфологической информации. Логистический центр – специализированное предприятие, основными функциями которого являются обработка и хранение грузов, таможенное оформление, информационные услуги. На основе полученных данных устанавливают возможные варианты размещения на местности, а также объем и структуру инженерных изысканий для получения исходных количественных данных, необходимых при индивидуальном проектировании, для расчета устойчивости откосов земляного полотна автомобильных дорог, естественных склонов, прогноза изменения геологической среды в процессе строительства и эксплуатации.

Цель исследования. Оценить физико-механические свойства грунтов и дать прогноз развития опасных процессов на территории международных логистических центров гг. Аральск и Туркистан.

Результаты исследования. Инженерно-геологические условия под строительство логистических центров оценены как относительно благоприятные. Осложняющими факторами являются повышенная высокая засоленность грунтов, линейная эрозия, дефляция, плоскостной смыв, локально – просадочность, коррозионная активность и агрессивность поровых вод по отношению к металлу и бетону. Природные условия и геодинамические процессы, влияющие на линейные сооружения, как при строительстве, так и при эксплуатации, весьма разнообразны. Прежде всего, следует выделить низкую естественную влажность и высокую засоленность грунтов, из которых будет возводиться магистраль и логистические центры. Для создания надежного земельного полотна грунты уплотняют при влажности, близкой к оптимальной (оптимальная влажность 16 %). Укладка грунтов при влажностях значительно меньших, чем оптимальные приводят к их недоуплотнению. При проведении строительных работ необходимо учитывать, что меры борьбы с проявлениями опасных процессов требуют значительных материальных затрат.

Необходимость формирования современной транспортной логистической системы является одним из важнейших факторов экономического роста страны. На Казахстанском участке мультимодального экономического пояса «Нового Шелкового пути» от Хоргоса до портов Актау и Курык создаются транспортно-логистические центры, которые позволят покрыть потребности регионов в современных складских помещениях международного класса, а также создать центры дистрибуции с охватом регионов сопредельных государств. Мировой опыт показывает, что динамичный рост экономики приводит к значительному росту объемов товародвижения и, соответственно, грузовых потоков, как внутренних, так и международных, в том числе, транзитных.

Инженерно-геологические карты международных логистических центров гг. Аральск и Туркистан дают представление о закономерностях и распространении опасных геодинамических процессов и предназначены для оценки проявления степеней рисков воздействия на территорию. В качестве геологической основы авторами использовались государственные геологические карты с пояснительными записками к ним, топооснова масштаба 1:200 000 и материалы, ранее полученные авторами. Легенда построена на основе генетической классификации опасных процессов. В легенде отражены закономерности распространения и интенсивности развития процессов, произведено их классифицирование по генетическим признакам. Факторы формирования процессов с их генетическим подразделением и оценкой степеней риска воздействия могут иметь незначительно опасную (1), мало опасную (2), умеренно опасную (3), опасную (4), весьма опасную (5) степени. Все опасные геодинамические процессы изображены условными знаками красного цвета определенной конфигурации. На основе инженерно-геологического стратиграфического разреза цветной закраской контуров выделяются стратиграфо-генетические комплексы грунтов. Различные виды границ, имеющие формальное и содержательное значение показаны красным и черным цветом.

Территория международного логистического центра г. Аральск по геоморфологическим условиям принадлежит аккумулятивной равнине Торгайского региона Туранской плиты, представленной осадками современного, верхнечетвертичного-современного возраста и морскими олигоцен-эоценовыми отложениями тасаранской, саксаульской и чеганской свит (рисунок 1). Современный озерно-хемогенный инженерно-геологический комплекс (IhQ_{IV}) слагает днища денудационных понижений. Отложения представлены вязкими песчаными глинами и темными илами с

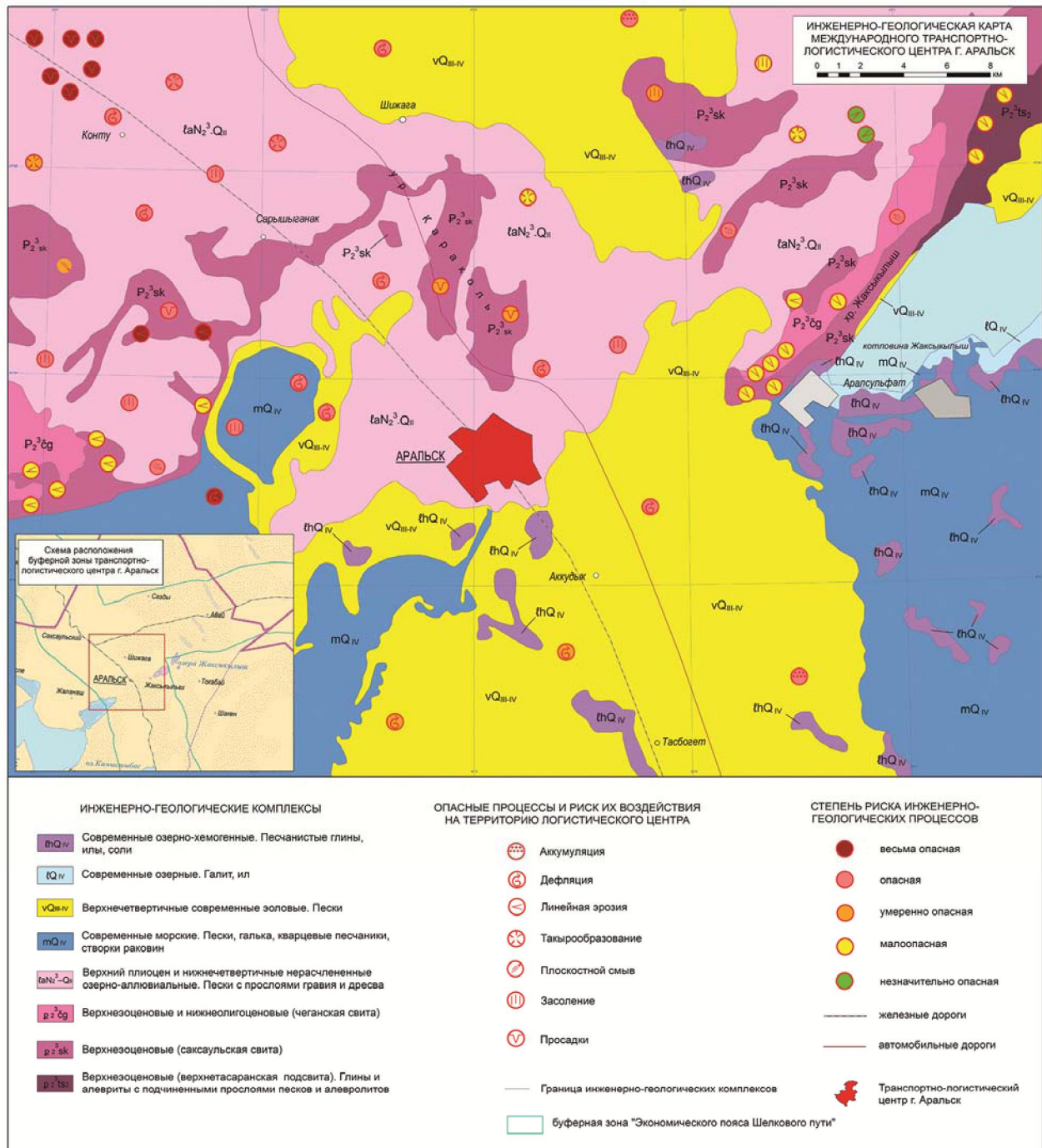


Рисунок 1 – Инженерно-геологическая карта международного транспортно-логистического центра г. Аральск

Figure 1 – Engineering and geological map of international transport logistic center of Aral city

поверхности, покрытых корочкой соли. Мощность соровых отложений, формирование которых продолжается и в настоящее время составляет 0,5–1,5 м. Глины комплекса песчанистые, вязкие, тонкослоистые, насыщены водорастворимыми солями, содержат гнезда и линзы гипса. Плотность частиц в среднем $2,79 \text{ г/см}^3$, плотность $1,90 \text{ г/см}^3$, указывает на плотное сложение глин в условиях естественного залегания. Пористость 44 %, число пластичности 18 %. Грунты озерно-хемогенного комплекса засолены, тип засоления сульфатный и хлоридный. По качеству это соленые воды и рассолы, обладающие сульфатной агрессивностью к бетону.

Воды современных соровых отложений приурочены к замкнутым понижениям и содержатся в прослоях супесей, песков и илов; глубина залегания не превышает 1–3,5 м. Питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и фильтрации вод из окружающих отложений. Воды высокоминерализованные (от 36 до 119 г/дм^3), тип минерализации хлоридный и хлоридно-сульфатный.

Современный озерный инженерно-геологический комплекс (IQ_{IV}) выполняет котловину Жаксыкылыш. В основании залегают черные илы, выше пласт кристаллической соли (галита). Мощность озерных отложений достигает 4 м.

Верхнечетвертичный-современный эоловый инженерно-геологический комплекс (vQ_{III-IV}) переважаемых песков широко распространен на территории. Здесь эоловой переработке подвержены песчаные отложения верхнеплиоценово-среднечетвертичного возраста. По составу эоловые пески сходны с материнскими и отличаются от них лишь своей окатанностью и лучшей отсортированностью зерен за счет удаления пылеватых частиц. В основном пески слагают бугристые формы рельефа относительные превышения, которых 2–12 м, реже 18 м. Мощность эолового покрова колеблется от первых до десяти метров. Пески кварцевые, полевошпат-кварцевые, преимущественно мелко- и среднезернистые, пылеватые, слюдистые. Содержание песчаных частиц 87–95 %, пылеватых 3–4 %, глинистых до 5 %. Плотность частиц песков $2,65\text{--}2,69 \text{ г/см}^3$, плотность при максимальном уплотнении $1,58\text{--}1,67 \text{ г/см}^3$, пористость 35–44 %. Угол естественного откоса в зависимости содержания солей и пылеватых частиц $30\text{--}36^\circ$, под водой $24\text{--}33^\circ$, коэффициент фильтрации по лабораторным данным $0,65\text{--}8,5 \text{ м/сут}$. Грунтовые воды комплекса залегают на глубинах 5–20 м, образуя единый водоносный горизонт с водонасыщенными верхнеплиоценовыми песками. Минерализация и химический состав пестрые (преобладают сильносоленоватые и соленые $5\text{--}50 \text{ г/дм}^3$, сульфатно-хлоридные натриевые). Подземные воды обладают сульфатной агрессивностью.

Современный морской инженерно-геологический комплекс (mQ_{IV}) слагает аккумулятивную равнину бывшего залива Большой Сарышыганак и выполняет понижение на месте древнего ингрессионного залива моря к югу от горы Жаксыкылыш.

Осадки аральской трансгрессии представлены средне- и крупнозернистыми кварцевыми песками с плоской галькой серых алевролитов и кварцевых песчаников. На отдельных участках пески характеризуются косой и диагональной слоистостью, местами отмечаются прослои синевато-черных илов. Вся толща переполнена створками раковин. Мощность современных морских отложений в районе г. Аральска колеблется от 0,5 до 4 м. В настоящее время на дне Аральского моря откладываются мелкие пески. В связи со снижением уровня моря из-под воды выходят участки дна с тонкозернистым материалом. На поверхности молодой осушки развиваются типичные пустынные ландшафты с засоленными грунтами и подвижными барханными песками. Осадки осушки сложены в основном песками и алевритами и их карбонатными разностями. Под влиянием эоловых процессов песчано-алевритистый материал перевивается, из него выносятся мелкозем, а пески собираются в барханы высотой 3–4 м и более, образуя барханные гряды. Породы современной осушки соленосны, в среднем содержание водорастворимых солей превышает 7%. Строительство на засоленных грунтах является сложной проблемой. При замачивании засоленные грунты, вследствие разрушения солевых цементационных связей, резко снижаются свои прочностные свойства и под нагрузкой проявляют характер просадки. Воды современных морских отложений приурочены к полосе морской и аккумулятивной террасы и к площади древнего ингрессионного залива Аральского моря. Водосодержащими являются мелкозернистые кварцевые пески. Источником питания служат атмосферные осадки. Глубина залегания уровня грунтовых вод около 1,5 м, минерализация от 3 до 6 г/дм^3 . Воды преимущественно сульфатные и сульфатно-хлоридные [1–4].

Верхний плиоцен и нижнесреднечетвертичный (?) нерасчлененный озерно-аллювиальный инженерно-геологический комплекс ($IaN_2^3-Q_{II}$) выполняет аккумулятивную равнину осложненную множеством замкнутых такырных понижений. Комплекс залегает на денудированной поверхности палеогена. Отложения представлены песками с прослоями гравия и дресвы алевролитов, кварцитов, ожелезненных песчаников мощностью до 41 м. Пески, разнозернистые (фракция 0,1–0,01 мм составляет 70–80%) полевошпат-кварцевые, с значительным содержанием карбонатных зерен. В песках встречаются прослои (до 3 м) палевых и серо-зеленых карбонатных глин. Супеси, имеющие в отложениях подчиненное значение, кварцевые, реже кварц-полевошпатовые. С поверхности подвергаются интенсивному развеванию. Пески комплекса в условиях естественного залегания сильноуплотненные. Плотность частиц 2,63–2,69 г/см³, плотность рыхлого сложения 1,40–1,48 г/см³, плотного 1,56–1,70 г/см³. Угол естественного откоса в зависимости от состава в сухом состоянии 31–33°, в водонасыщенном 24–29°. Водопроницаемость варьирует от 2,4 до 15,2 м/сут. Супеси отличаются твердой и полутвердой консистенцией. Содержание глинистой фракции 0,1–9,8 %, пылевой – 0,5–17,7 %, песчаной – 76,7–97,3 %. Для супесей характерна плотность частиц 2,63–2,74 г/см³, плотность 1,35–1,53 г/см³. Углы естественного откоса составляют 21–34° в сухом состоянии и 19–28° под водой. Коэффициент фильтрации по результатам наливов изменяется от 0,1 до 2,1 м/сут. Содержание легкорастворимых солей в грунтах изменяется от 0,13 до 4,7 %. Преобладающий тип засоления сульфатный. Воды комплекса имеют широкое распространение. Водовмещающими породами служат тонко- и мелкозернистые, преимущественно кварцевые пески. Глубина вскрытия грунтовых вод колеблется от 3 до 10 м. Воды горизонта пресные с минерализацией 0,3–2,5 г/дм³ гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного состава.

Верхнеэоценовый и нижнеолигоценовый инженерно-геологический комплекс отложений ($E_2^3\text{сг}$ чеганская свита) обнажается на склонах возвышенности хр. Жаксыкылыш. Отложения нижнечеганской свиты представлены глинами с прослоями алевролитов в нижней части. Глины серые, зеленовато-серые, светло-коричневые, чистые и слабо алевролитистые, в различной степени известковистые. В глинах отмечаются мергелистые конкреции различных размеров. Мощность свиты 10–36 м. Верхнечеганская свита, слагающая вершину хребта Жаксыкылыш, представлена глинами зелеными, зеленовато-серыми, при выветривании желтовато-зелеными, палевыми, с пятнами и разводами ярко-оранжевого и малинового цвета с примазками ярозита и ожелезнением по трещинам с конкрециями мергелей. Мощность свиты 22–50 м. Глины тонкодисперсные (содержание фракции < 0,001 мм достигает 60 %) бейделлитового, монтмориллонитового состава. Содержание гипса 3,6–5,6 %. Глинистые отложения характеризуются следующими показателями свойств: плотность частиц 2,70–2,86 г/см³, плотность грунта 1,70–2,25 г/см³, плотность сухого грунта 1,32–1,76 г/см³, максимальная молекулярная влагоемкость 10,9–38,9 %; число пластичности 17,7–45,5 %, Коэффициент пористости варьирует от 0,560 до 1,940. Преобладают набухающие разности глин: величина свободного набухания в условиях естественного замачивания 6,5–52,3 %. Показатели сопротивления сдвигу: в естественном состоянии угол внутреннего трения 50–44°, под водой соответственно 20–28°. Содержание воднорастворимых солей 3–4 %, тип засоления хлоридно-сульфатный. Глины обладают средней коррозионностью. Отложения практически безводны. Верхнеэоценовый инженерно-геологический комплекс ($E_2^3\text{sk}$) отложений саксаульской свиты слагает обширные пространства в урочищах Жайнак, Шаландыбогет, Караколь, Сарыой и склоны хр. Жаксыкылыш, представлен глинами и алевролитами с подчиненными пачками песков и редкими линзами кварцитов и песчаников. Мощность достигает местами 30 метров [1-4].

По данным минералогического анализа глины состоят из монтмориллонита, в подчиненном значении каолинит и гидрослюда. Содержание глинистой фракции в среднем 38 %, пылевой 34 %, песчаной 16 %. плотность частиц 2,64–2,82 г/см³, плотность грунта 1,61–1,99 г/см³, число пластичности 12,5–55,1 %. Коэффициент пористости варьирует от 0,38 до 1,438. Величина свободного набухания в условиях естественного замачивания в среднем составляет 16,5 %. Глины относятся к сильно уплотненным. В условиях естественного залегания имеют твердую, полутвердую и мягкопластичную консистенцию. Глины непресадочны, обладают высокой степенью коррозионности. Показатели сопротивления сдвигу: в естественном состоянии угол внутреннего трения 6–27°, под водой соответственно 6–20°. Глины практически безводны. Воды приурочены к прослоям и линзам песков среди глин. Мощность обводненных прослоев песка от 5–7 до 10 м. Глубина залегания

изменяется от первых метров до 150 м. Минерализация вод 27–70 г/дм³, преимущественно сульфатного и сульфатно-хлоридного состава. Агрессивность подземных вод сульфатная.

Верхнеэоценовый инженерно-геологический комплекс ($E_2^3ts^2$) *отложенный верхнетасаранской подсветы*, обнажается на склонах хр. Жаксыкылыш и представлен глинами и алевритами с подчиненными прослоями песков и алевролитов. Глины светло-серые, зеленые, в различной степени алевритистые, листоватые, с крупнораковистым изломом, с частыми прослоями (до 0,1 м) алевритов. Общая мощность изменяется от 130 до 160 м. Содержание глинистой фракции 30–50 до 85 %. Далее приводятся обобщенные показатели связных грунтов комплекса: плотность частиц 2,68–2,78 г/см³, плотность грунта 1,75–1,89 г/см³, число пластичности 32–42 %. Коэффициент пористости 0,903–1,514. В природном состоянии грунты имеют твердую и полутвердую консистенцию, устойчивы к размыву и развеванию. Глины при водонасыщении способны к набуханию, в среднем 32 %. В естественном состоянии угол внутреннего трения составляет 5–26°. Характер засоления грунтов преимущественно сульфатный. Засоление среднее 0,1–4,8 %.

Инженерно-геологические условия территории логистического центра г. Аральск определяют развитием в основном грунтов нескального типа. С ними связаны проявления ряда опасных геологических процессов (засоление, дефляция, линейная эрозия, плоскостной смыв и т.д.). Логистический центр попадает в границы зоны нормативной интенсивности землетрясений около 6 баллов по шкале MSK-64. Песчаные массивы подвергнуты активным процессам дефляции, которые могут охватить значительные площади по мере освоения территории. Сильные ветры выносят огромные массы солей и пылевато-глинистого материала с осушенного дна бывшего Аральского моря на огромные расстояния. Активной дефляции подвержены вершины наиболее возвышенных бугров. Дефляция (опасной степени риска) является существенным фактором, осложняющим условия строительства и эксплуатации магистрали и связанных с ней сооружений, и ее следует рассматривать в числе важнейших. Развитие процесса дефляции зависит от многих причин и условий (технология строительства, масштабы работ, экспозиция откосов и склонов дорожных насыпей относительно господствующих ветров и т.д.). Представляется необходимым для районов пересечения дорогой крупных эоловых массивов провести специальные исследования для выбора благоприятных технологических схем строительства и эксплуатации инженерных сооружений. Необходимо предусмотреть комплекс защитных мероприятий направленных на закрепление песков. Для грунтов озерно-хемогенных и морских отложений устойчивый режим континентального засоления обусловлен резко выраженной аридностью климата, значительной испаряемостью с водной поверхностью и недостаточной дренированностью территории. Засоление (опасной степени) происходит за счет испарительной концентрации солей. На территории распространения комплекса плиоценовых отложений развиты дефляция опасной степени, линейная эрозия, в понижениях – засоление и такырообразование опасной и умеренно опасной степени. В связи с падением уровня Аральского моря возможна дальнейшая значительная активизация этих процессов. На склонах хр. Жаксыкылыш, где развиты эоценовые отложения, отмечаются процессы плоскостной и линейной эрозии незначительной и малоопасной степени. Осложняющим фактором при освоении явится способность глин к набуханию и интенсивное засоление в понижениях рельефа. Возможно активное развитие линейной эрозии.

Территория международного логистического центра г. Туркистан по геоморфологическим условиям принадлежит плоской столовой холмистой и увалистой равнине с фрагментами мелкопочника Северо-Кызылкумского региона Туранской плиты. В геологическом строении принимают участие породы четвертичных отложений. Они представлены морскими осадками современного, средне-верхнечетвертичного возраста и континентальными отложениями (рисунок 2).

Современные аллювиальные отложения (aQ_{IV}) слагают пойменные террасы и долины сухих русел древних протоков Сырдарьи, Тамдыозек, рек Карашик, Баялдырозен, Кантаги, Ташлаксай, Шорнак, арыков Бельарык, Сунак, Батырбас. Литологический состав отложений представлен песками мелкими, средними и пылеватыми с прослоями песчанистых супесей и суглинков местами лессовидных, реже щебнем, гравием. Мощности комплекса изменяются в широких пределах от < 5 до 20 м и более. Пески мелко- и тонкозернистые, слагающие пойменные террасы отличаются примесью иловатых фракций. Содержание глинистой фракции 0–4 %; пылеватой – 5,5–55 %; песчаной – 22–94,5 %. Пески обладают рыхлым сложением, реже они оцениваются как грунты

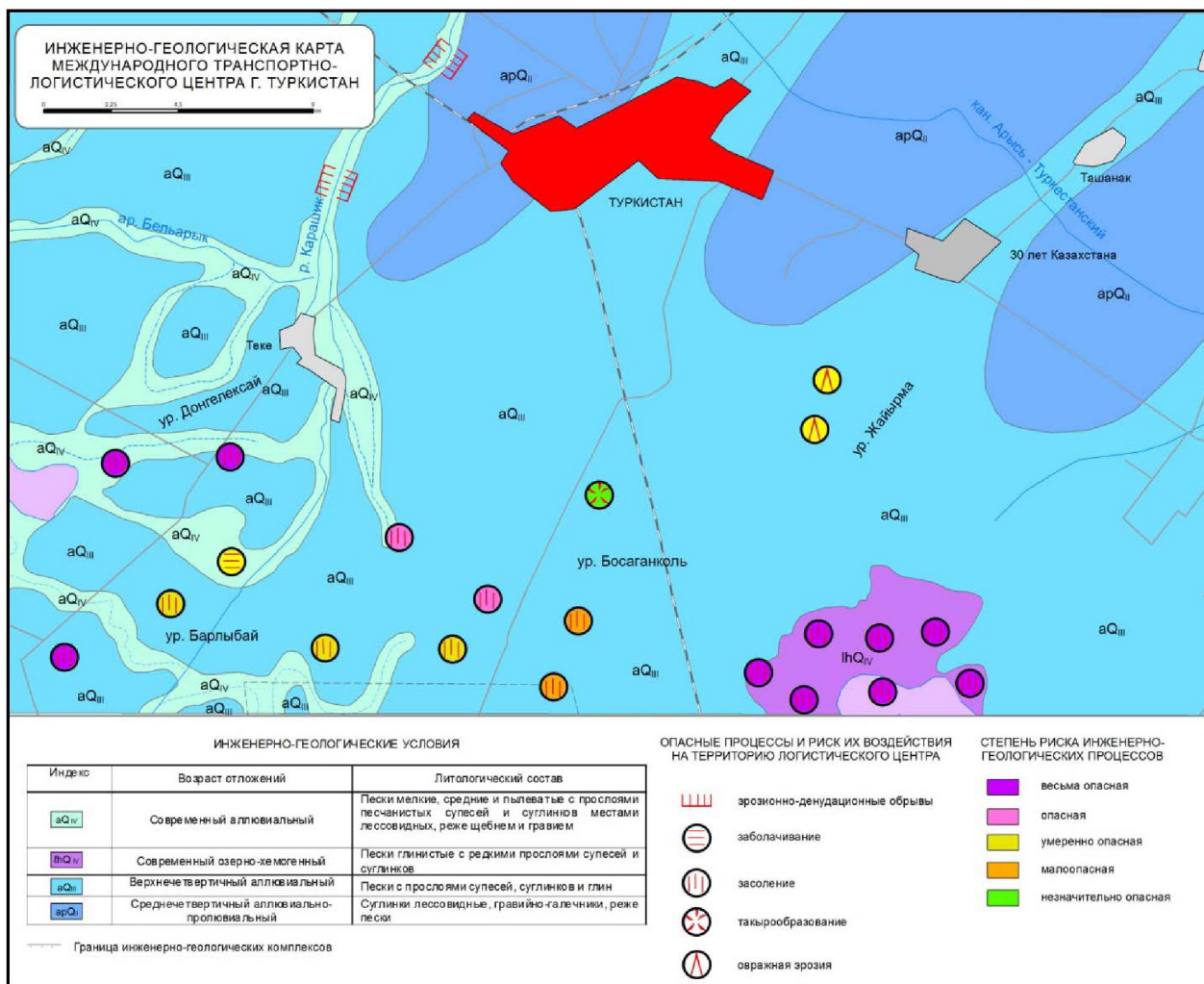


Рисунок 2 – Инженерно-геологическая карта международного транспортно-логистического центра г. Туркистан

Fig. 2 – Engineering and geological map of international transport logistic center of Turkistan city

средней уплотненности. Плотность частиц грунта $2,66-2,77 \text{ г/см}^3$; плотность $1,22-1,45 \text{ г/см}^3$; максимальная молекулярная влагоемкость $9-26 \%$ свидетельствует о повышенной глинистости песков на отдельных участках. Угол естественного откоса в сухом состоянии $31-34^\circ$, под водой – $22-25^\circ$. По гранулометрическому составу суглинки и супеси относятся к пылеватым. Содержание фракций $0,05-0,005 \text{ мм}$ превышает 45% . Число пластичности составляет от 4 до 13 %. Породы являются слабо засоленными. Плотность частиц грунта варьирует в пределах $2,72-2,75 \text{ г/см}^3$, пористость колеблется от 43 до 47 %, естественная влажность составляет $14-27 \%$. Аллювиальные отложения водоносны в пределах речных долин. Количество воды непостоянно. Расходы воды составляют $0,5-1,0 \text{ дм}^3/\text{с}$. Преобладают солоноватые и соленые воды с минерализацией до $3-5 \text{ г/дм}^3$, отличаются сульфатной агрессивностью. Коэффициент фильтрации колеблется от $0,1-0,5$ до 15 м/сут .

В урочище Босаганколь *современные озерно-хемогенные* (lhQ_{IV}) отложения представлены глинистыми песками, с редкими прослоями супесей и суглинков. Плотность частиц песка колеблется от $2,68$ до $2,75 \text{ г/см}^3$. Угол естественного откоса сухого песка в зависимости от минерального и гранулометрического состава изменяется от 37 до 44° , водонасыщенного – от 27 до 39° . Коэффициент фильтрации составляет $2,4-3,8 \text{ м/сут}$. Грунты озерно-хемогенного комплекса засолены, тип засоления сульфатный и хлоридный. Подземные воды, содержащиеся в отложениях комплекса, залегают на глубине не более 5 м. По качеству это преимущественно соленые воды и рассолы, обладающие сульфатной агрессивностью по отношению к бетону. Минерализация от 49 до 113 г/дм^3 , иногда 200 г/дм^3 . Воды сульфатно-хлоридного, хлоридно-натриевого и хлоридно-сульфатно-

натриевого состава. В пределах первых надпойменных (тугайных) террас рек территории логистического центра г. Туркестан, распространен аллювиальный комплекс верхнечетвертичных-современных (aQ_{III-IV}) отложений. Преимущественно они сложены песками с прослоями лессовидных супесей, суглинков и глин, местами гравийно-галечников. Пески мелко- и разномелкозернистые, пылеватые, слюдяные с линзами и пропластками супесей и суглинков иловатых. Сложение рыхлое, реже пески средней плотности. Грунты отличаются недоуплотненным сложением. Пескам свойственна большая величина водоотдачи 13,5–21,5 % при полной влагоемкости 21,5–32 %. Прочностные свойства песков при насыщении водой ухудшаются, они обладают повышенной сжимаемостью. Мелкозернистые пески обладают углом естественного откоса в сухом состоянии 34 и 25° – при водонасыщении. Плотность частиц грунта 2,66 г/см³, плотность – 1,78 г/см³. Коэффициенты фильтрации составляют 0,1–17,16 м/сут. Суглинки представлены легкими, средними, тяжелыми и пылеватыми разностями. Характеризуются определениями, приведенными в таблице 1. Супеси по гранулометрическому составу представлены в основном тяжелыми крупными и пылеватыми разностями. Просадочными свойствами обладают супеси тяжелые и пылеватые. Средний коэффициент относительной просадочности пылеватых супесей составляет 0,027, тяжелых – 0,310. Грунтовые воды залегают на глубине 1–20 м (преобладает 3–10 м). Воды соленые, минерализация – 3–10 г/дм³ с резко выраженной сульфатной агрессивностью к бетону и металлу [5, 6].

Гранулометрический состав и физико-механические свойства суглинков инженерно-геологического комплекса верхнечетвертичных-современных аллювиальных отложений

Виды определений	Пределы
Содержание фракций, %	
Песчаные	11-57
Глинистые	31-76
Пылеватые	11-15
Верхний предел пластичности, %	19-32
Число пластичности, %	3-12
Влагоемкость максимальная молекулярная, %	9,7-17
Плотность частиц грунта, г/см ³	2,62-2,75
Плотность, г/см ³	1,68-1,97
Плотность сухого грунта, г/см ³	1,39-1,86
Пористость, %	35,3-57,10
Коэффициент пористости	0,54-0,78
Угол внутреннего трения, градус	27-31
Сцепление, 10 ⁵ Па	0,01-0,31
Коэффициент водонасыщения	0,8-0,95
Набухание, %	2,6-17,5

Верхнечетвертичный аллювиальный комплекс (aQ_{III}), развитый на второй и третьей надпойменной террасах представлен песками с прослоями супесей, суглинков и глин общей мощностью 12–30 м; местами перекрыт лессовидными супесями и суглинками мощностью 1,5–3,0 м. Пески в основном мелко- и среднезернистые, пылеватые. Пески мелкозернистые характеризуются незначительным содержанием глинистых фракций (менее 2 %). Среднее количество пылеватых фракций 6–15, реже 22%, а песчаных – 84–93 %. Грунты сухие, естественная влажность составляет 2–3 % и ниже. Средние значения плотности частиц 2,68–2,70 г/см³. Плотность сухого грунта 1,55–1,68 г/см³. Пористость высокая 45,4–48 %, коэффициент пористости 0,694. Угол внутреннего трения 32–34°. Коэффициенты фильтрации для водонасыщенной части песков по данным откачек составляет 1,013–23,6 м/сут. Пески обводнены. Глубина залегания грунтовых вод от 2 м. Воды высокоминерализованы, обладают резко выраженной сульфатной агрессивностью по отношению к бетону и металлу.

Среднечетвертичный аллювиально-пролювиальный инженерно-геологический комплекс (арQ_{II}) распространен в периферийной зоне конусов выноса предгорий представлен суглинками лессовидными, гравийно-галечниками, реже песками общей мощностью 50 м и более. В гранулометрическом составе суглинков преобладают пылеватые фракции (от 70 до 80 %). Глинистых фракций содержится от 10 до 25 %, с глубиной процентное содержание их увеличивается. Количество песчаных фракций изменяется от 3 до 13 %. *Суглинки* средне- и слабозасоленные. Общее содержание солей не превышает 0,1–0,5 %. Тип засоления сульфатный кальциевый. Пористость > 45 % указывает на недоуплотненное состояние лессовидных пород и значительную просадочность в условиях их естественного залегания. Коэффициент относительной просадочности при вертикальной нагрузке $3 \cdot 10^5$ Па в пределах верхней пятиметровой толщи достигает 0,15–0,20. Мощность просадочной толщи 15 м. Сильнопросадочные суглинки с коэффициентом пористости более 1,0 залегают преимущественно на водораздельных участках. С глубиной плотность пород увеличивается, уменьшается пористость и показатели просадочности. Угол внутреннего трения не превышает 25–30°, сцепление – $0,560–0,740 \cdot 10^5$ Па. При полном водонасыщении углы внутреннего трения уменьшаются до 20–22°; сцепление падает до нуля. *Гравийно-галечники* слабо сцементированы. Галька средней окатанности продолговатой, реже уплощенной формы. Размер ее не превышает 6–8 см. Содержание гальки к общему объему породы – 60 %. Заполнитель гравийно-супесчаный. Характерный гранулометрический состав заполнителя: содержание глинистых частиц (менее 0,05–2,0 мм) – 10,90 %; гравийных (2–20 мм) – 37–89 %; гальки мелкой (20–60 мм) 30,01 %. Грунтовые воды залегают на глубине от 10 м до 40 м в гравийно-галечниках. Они обладают пестрой минерализацией до 4 г/дм³; по типу преобладают сульфатно-хлоридные.

В пределах эрозионно-денудационных склонов почти повсеместно развит *верхнеэоценовый-нижеолигоценовый морской комплекс (m£₂₋₃)*, мощностью до 50 м. Литологически представлен однородной толщей глин, с маломощными и редкими линзами и прослоями песков, алевролитов и песчаников кварцевых на кремнистом цементе. *Глины* тонкодисперсные (содержание фракции менее 0,001 мм достигает 60 %). Содержание гипса 3,6–5,6 %. Глинистые отложения характеризуются плотностью частиц грунта – 2,70–2,86 г/см³, плотностью – 1,7–2,25 г/см³, числом пластичности – 17,7–45,5 %. Коэффициент пористости варьирует в пределах от 0,560 до 1,940. Преобладают набухающие разности глин: величина свободного набухания в условиях естественного замачивания 6,5–52,3 %. Содержание водорастворимых солей 3–4 %. Тип засоления хлоридно-сульфатный, реже сульфатный и хлоридный. Глины обладают средней коррозионностью. Отложения практически безводны.

Выходы *эоценового морского инженерно-геологического комплекса (m£₂)* встречаются в пределах предгорной равнины хребта Каратау. Отложения представлены песками, песчаники в толще глин мощностью от 30 до 70 м. *Глины* комплекса плотные, неслоистые, песчаные, состоят из монтмориллонита, в подчиненном значении каолинит и слюда. Содержание глинистой фракции – 73,0–22,8 %, пылеватой – 61,2–23,6 %, песчаной – 48,5–0,8 %. Плотность частиц грунта – 2,64–2,82 г/см³; плотность грунта – 1,61–1,99 г/см³; число пластичности – 12–55 %; коэффициент пористости – 0,38–1,438. Величина свободного набухания изменяется в широких пределах от 0 до 54,5 %. Глины относятся к сильно уплотненным. В естественных условиях они имеют твердую, полутвердую и мягкопластичную консистенцию. Глины непросадочны, обладают высокой степенью коррозионности – от 0,99 до 12,9. Коэффициент фильтрации составляет 0,009–0,003 м/сут, что относит глины к практически водонепроницаемым. Засоление глин преимущественно сульфатное. Отложения комплекса обводнены спорадически: подземные воды приурочены к прослоям и линзам песков среди глин. По минерализации от слабосолоноватых до рассолов (10,9–46,0 г/дм³), по составу сульфатно-хлоридные и хлоридно-натриевые, хлоридно-сульфатные натриевые и хлоридные. Агрессивность подземных вод сульфатная [5, 6].

Верхнемеловой континентальный и морской инженерно-геологический комплекс (K₂) развит на юго-западном склоне хребта Каратау, слагающая останцово-денудационную равнину. В состав входят пески и песчаники с прослоями глин и мелкогалечных конгломератов. Для толщи характерна косая слоистость. Мощность колеблется от 20 до 100 м. *Глины* монтмориллонит-гидрослюдистые, монтмориллонитовые, гидрослюдисто-каолинитовые характеризуются гранулометрическим составом:

песчаных частиц – крупных (0,5–0,25 мм) – 0,1–7,0 %; средних (0,25–0,1 мм) – 0,4–9,4 %; мелких (0,1–0,05 мм) – 5,6–16,7 %; пылеватых – 11,9–44,0 %. Глинистых – 30,8–63,5 %. В зависимости от гранулометрического и минералогического состава пород плотность частиц грунта изменяется от 1,66 до 2,83 г/см³; плотность грунта – 1,92–2,05 г/см³; плотность сухого грунта – 1,49–1,87 г/см³. Влагоемкость максимальная молекулярная варьирует от 11,1 до 32,9 %, полная – 14,3–37,8 %. Предел текучести глин – 25–68 %, число пластичности – 16–45. Коэффициент пористости изменяется от 0,391 до 1,310. Максимальное значение коэффициента фильтрации составляет 0,083 м/сут. Глины практически водонепроницаемые. Величина набухания изменяется от 0,8 до 28,5 %. Способность верхнемеловых глин к набуханию объясняется преобладанием в их составе минералов группы монтмориллонита. Они обладают высокой степенью коррозионности, в среднем степень коррозионности достигает 4,8. Засоленность верхнемеловых отложений слабая. Величина плотного остатка изменяется от 0,11 до 1,43%. Глубина залегания уровня грунтовых вод колеблется от 2,5 до 18,0 м. Воды отличаются высокой минерализацией 4,9–17,4 г/дм³. По химическому составу воды хлоридно-сульфатные натриевые, обладают сульфатной агрессивностью.

На территории логистического центра г. Туркистан развиваются такие инженерно-геологические процессы как засоление, заболачивание, такырообразование, просадочные явления, оврагообразование, эрозионно-денудационные обрывы, плоскостной смыв. На их режим развития существенное влияние оказывает антропогенный фактор. Водорегулирующие мероприятия поливная и коллекторная дренажная система каналов приводит к расширению границ процессов. Профилактическим мероприятием по предотвращению развития процессов являются соблюдение оптимальных норм полива, систематический дренаж (подземный и поверхностный) орошаемых площадей. На аллювиальной пойменной террасе р. Карашик и вдоль ирригационной системы развиваются эрозионно-денудационные обрывы весьма опасной степени. Распространение процесса способствует расширению долин, особенно активно в паводковый период, когда уровень воды резко поднимается и увеличивается энергия руслового потока. Процессами оврагообразования опасной и умеренно опасной степени поражены плоские аллювиальные равнины Каратау в урочищах Ащыбулак, Жайырма, Додаган и Тойлак, по сухим руслам Домбаксай, Амантобе, Ашасай. Овраги приурочены к легкоразмокаемым и размываемым супесчаным и суглинистым породам верхнечетвертичных аллювиальных отложений. На активизацию овражной эрозии существенное влияние оказывает инженерная и хозяйственная деятельность. В понижениях рельефа наблюдается засоление грунтов от умеренно опасной до весьма опасной степеней (с образованием солончака в урочище Босаганколь). На поверхности солончака образуется сплошная корка соли мощностью до 2–3,5 см. Под ней залегает 8–10 см пухлый пылеватый и глинисто-песчаный слой, содержащий легкорастворимые соли от долей до десятков процента. По денудационным холмистым и увалистым равнинам с фрагментами мелкосопочника распространен плоскостной смыв малоопасной степени риска. Логистический центр попадает в границы зоны нормативной интенсивности землетрясений < 6 баллов по шкале MSK-64.

Проведенный анализ инженерно-геологических условий указывает на большое многообразие геодинамических процессов, изменение свойств грунтов при разнообразных нагрузках, развитых в буферной зоне логистических центров гг. Аральск и Туркистан.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Медеуов А.Р., Нурмамбетов Э.И., Вислогузова А.В. и др. Рельеф Казахстана (пояснительная записка к Геоморфологической карте Казахской ССР масштаба 1 : 1 500 000). – В 2-х частях. – Ч. 2. – Алма-Ата: Гылым, 1991. – 176 с.
- [2] Геологическая карта СССР. М-6 1 : 200 000. Пояснительная записка. Серия Кызылкумская. – М.: Недра, 1974.
- [3] Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. – Т. 6. Средняя Азия. – М.: Изд-во Моск. ун.-та, 1978. – 295 с.
- [4] Рубанов. И.В., Ишниязов Д.П., Баскакова М.А. и др. Геология Аральского моря. – Ташкент: Фан, 1987. – 246 с.
- [5] Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. – Т. 7. Средняя Азия. – М.: Изд-во Моск. ун.-та, 1978. – 352 с.
- [6] Геологическая карта СССР. М-6 1 : 200 000. Пояснительная записка. Серия Северо-Тяньшанская. – М.: Недра, 1976.

REFERENCES

- [1] Medeuov A.R., Nurmambetov E.I., Visloguzova A.V. et. Relief of Kazakhstan (explanatory note to the geomorphological map of the Kazakh SSR, scale 1 : 1 500 000) in 2 parts. Part 2. Alma-Ata: Gylym, 1991. 176 p.
- [2] The Geological map of the USSR. Scale 1: 200 000. An explanatory note. Kyzylkum Series. M.: Nedra, 1974.
- [3] Engineering Geology of the USSR. In 8 volumes. Volume 6. Central Asia. M.: University Press, 1978. 295 p.
- [4] Rubanov I.V., Ishniyazov D.P., Baskakova M.A. et. The geology of the Aral Sea. Tashkent: Fan, 1987. 246 p.
- [5] Engineering Geology of the USSR. In 8 volumes. Vol. 7. Central Asia. M.: University Press, 1978. 352 p.
- [6] The geological map of the USSR. Scale 1: 200 000. An explanatory note. North Tien-Shan Series. M.: Nedra, 1976.

А. Н. Митрофанова, Р. Ш. Калита, А. Д. Абитбаева, А. А. Беккулиева

ТОО «География институты», Алматы, Қазақстан

**АРАЛ ЖӘНЕ ТҮРКІСТАН ҚАЛАЛАРЫНЫҢ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ
ЛОГИСТИКАЛЫҚ ОРТАЛЫҚТАРЫ ТЕРРИТОРИЯЛАРЫНЫҢ
ИНЖЕНЕРЛІК-ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНА ТАЛДАУ ЖАСАУ**

Аннотация. Тау жыныстарының қасиеттеріне сандық баға беріліп, инженерлік-геологиялық үдерістердің логистикалық орталықтарға тигізер әсері мен қауіпті үдерістердің дамуына болжам жасалды.

Түйін сөздер: логистикалық орталықтар, тау жыныстары, физико-механикалық қасиеттер, қауіпті үдерістер, әсер ету қаупі.