

Б.Б. Унайбаев<sup>1</sup>, Б.Ж. Унайбаев<sup>2</sup>, А.Ш. Ицанова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Карагандинский государственный технический университет,  
г. Караганда, Казахстан,

<sup>2</sup>Экибастузский инженерно-технический институт им. академика К. Сатпаева,  
г. Экибастуз, Казахстан

## УПРЕЖДАЮЩИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ЗАСОЛЕННЫХ ПЫЛЕВАТО- ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ

---

---

**Аннотация.** В условиях современной интенсивной массовой застройки территорий, сложенных засоленными пылевато-глинистыми грунтами (ЗПГГ), становятся не оправданными жесткие требования регламента. Это зачастую колоссальные расходы на замену ЗПГГ в основании, водозащитные мероприятия, химическое закрепление, устройство искусственных оснований, применение забивных и набивных свай-стоек с обмазочным покрытием. При этом известный опыт эксплуатации зданий и сооружений (ЗС) на ЗПГГ свидетельствует о том, что многие объекты претерпевают аварийные осадки, превышающие проектные в 1,5...3 раза и более. Предполагается, что низкое качество эксплуатации ЗС на ЗПГГ обусловлено несовершенством технологического комплекса по возведению объектов на ЗПГГ, а именно – изысканий, проектирования и строительства. Цель исследования – разработка упреждающего технологического комплекса по возведению объектов на ЗПГГ для повышения несущей способности и долговечности фундамента. **Ключевые слова:** технология, изыскание, проектирование, строительство, регламент, адаптация.

\*\*\*

**Түйіндеме.** Тұзды шаңды-сазды топырақтардан (ТШСТ) тұратын аумақтарды қазіргі заманғы қарқынды дамыту жағдайында ережелердің қатаң талаптары негізсіз болып қалады. Бұл көбінесе базадағы тұзды шаңды-сазды топырақты ауыстыруға, суды қорғау шараларына, химиялық консолидацияға, жасанды іргетастарды орнатуға, жабынды жабындысы бар қозғалмалы және рамалық қадаларды пайдалануға үлкен шығындар. Сонымен қатар, тұзды шаңды-сазды топырақтардағы ғимараттар мен құрылыстарды (ФК) пайдалану тәжірибесі көптеген объектілерге төтенше жауын-шашынның жобалық мөлшерден 1,5 ... 3 есеге немесе одан көп асатындығын көрсетеді. Тұзды сазды-сазды топырақтардағы ғимараттар мен құрылыстардың операциясының төмен сапасы тұзды шаңды-сазды топырақтарда объектілерді салуға арналған технологиялық кешеннің жетілдірілмегендігімен, яғни іздестіру, жобалау және құрылысы-

**Источник финансирования исследований.** Работа выполнена согласно многочисленных целевых и комплексных НТП Госстроя, Госплана и Госкомитета по науке и технике по 1985-1990 г.г. по проблеме 0.55.18 задания 04.01.07, гос. заказом РК №241, РК 014 по 2011-2020 г.г., планами НИР КазГТУ и ЕИТИ им.ак. К.Сатпаева.

мен байланысты деп болжануда. Зерттеудің мақсаты - іргетастың көтергіштігі мен беріктігін арттыру үшін тұзды шаңды-сазды топырақтарда құрылыстар салуға арналған проактивті технологиялық кешен құру.

**Түйінді сөздер:** технология, іздестіру, жобалау, құрылыс, регламент, бейімделу.

• • •

**Abstract.** In the conditions of modern intensive mass development of territories composed of saline silty-clay soils, strict requirements of the regulations are not justified. This is often a huge expense for the replacement of SSCS in the base, water protection measures, chemical fixing, the device of artificial bases, the use of driven and stuffed piles-racks with a coating. At the same time, the well-known experience in the operation of buildings and structures (BS) at SSCS indicates that many objects undergo emergency precipitation exceeding the design by 1.5...3 times or more. Supposed low quality of the BS on SSCS due to the imperfection of the technological complex for the construction in SSCS, namely survey, design and construction. The purpose of the research is to develop a proactive technological complex for the construction of objects on the SSCS to increase the load-bearing capacity and durability of the Foundation.

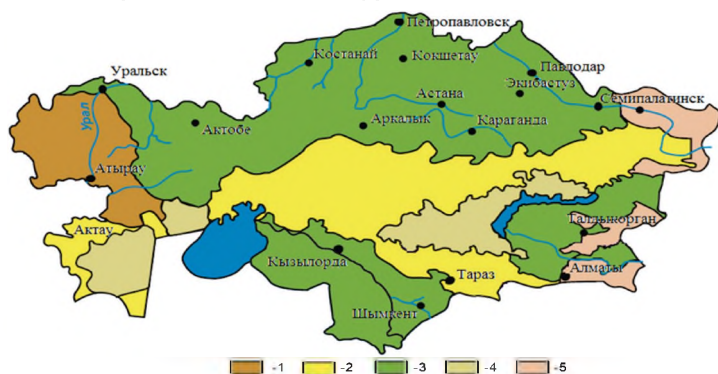
**Keywords:** technology, research, design, construction, regulations, adaptation.

**Введение.** Засоленные пылевато-глинистые грунты (ЗПГГ) различного типа и степени засоления, широко распространены на земном шаре. Они залегают в южном регионе стран СНГ, в Азии, Африке, Латинской Америке. В Средней Азии и Казахстане практически 3-я часть всех площадей сложена ЗПГГ (рисунок 1). Кроме того, известно, что площадь ЗПГГ на земном шаре катастрофически расширяется. Об этом свидетельствуют данные международной организации ЮНЕСКО.

Возведение зданий и сооружений (ЗС) на ЗПГГ в соответствии с регламентом, связано с повышением материальных и трудовых затрат на 5...25% при сопоставлении со строительством на обычных грунтах. Это обусловлено слабой изученностью строительных свойств ЗПГГ и отсутствием эффективных и надежных способов устройства оснований и фундаментов в этих грунтах. Однако, несмотря на колоссальные расходы при возведении ЗС на ЗПГГ, опыт их эксплуатации свидетельствует о том, что многие объекты претерпевают развитие неравномерных аварийных осадок превышающих проектные в 1,5...3 раза и более. Так, например из 960 обследованных гидромелиоративных и гидротехнических сооружений на ЗПГГ в республиках Средней Азии и Казахстане на 350 наблюдалось развитие осадок, превышающих проектные. Многочисленные аварийные осадки ЗС на ЗПГГ известны в гг. Н.Узене (30 объектов), Жезказгане (более 15), Балхаше (3), Караганде (10), Ереване (более 200), Ташкенте, Волгодонске, Запорожье и др.

Сложившийся в настоящее время затратный механизм строительства и эксплуатации ЗС на ЗПГГ заключается в устранении последствий развития аварийных деформаций. При этом затраты на восстановление, ремонт и усиление аварийных объектов на ЗПГГ зачастую превышают капитальные затраты на их строительство в 1,5-2 раза и более [1], а это убытки в миллионы и миллиарды тенге.

**Цель исследования.** Найти упреждающие конструктивно-технологические решения (КТР) по возведению ЗС на ЗПГГ в области изысканий, проектирования и строительства для обеспечения долговечности и несущей способности фундаментов.



1 - хлоридное и сульфатно-хлоридное; 2 - сульфатное; 3 - сульфатное и хлоридно-сульфатное; 4 - гипсовое засоление; 5 - засоление незначительное или же отсутствует

а) Распространение грунтов содержащих легко (более 2%) и среднерастворимые (5%) соли



б) Распространение грунтов, содержащих труднорастворимые соли – карбонаты

Рисунок 1 - Распространение ЗПГГ в Казахстане (а) и республиках Средней Азии (б) данные КазГИИЗ РК и ПНИИИС Госстроя СССР

**Методы исследования.** Предположено, что низкое качество эксплуатации ЗС на ЗПГГ напрямую связано с несовершенством сложившегося технологического комплекса по возведению ЗС на этих грунтах. В нашем понимании технологический комплекс возведения ЗС представляет собой совокупность и последовательность операций и действий, осуществляемых в процессе изысканий, проектирования и строительства, направленных на возведение ЗС с наилучшими эксплуатационными показателями назначения. Подобное понимание технологического комплекса возведения ЗС в исследованиях позволяет не потерять оптимальные варианты решения затронутой проблемы.

Для подтверждения выдвинутого предположения был проведен критический анализ и экспертная оценка регламентируемых и традиционных технологий изысканий, проектирования и устройства оснований и фундаментов на ЗПГГ, который показал, что сложившаяся в настоящее время нормативно-законодательная строительная база базируется на исследованиях грунтов, содержащих только легко- и среднерастворимые соли. Последнее зачастую не отвечает практике современного строительства, потому как преимущественно застраиваются территории, сложенные грунтами смешанного либо карбонатного типа засоления [2-5].

Так, например, действующий стандарт (ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация») предполагает литологическую классификацию суффозионно-неустойчивых грунтов только по одному показателю – определенное содержание легко- (2%) и среднерастворимой соли (5%). В основе этой классификации заложено ошибочное представление, основанное на предположении, что проявление суффозионной неустойчивости ЗПГГ в основании обусловлено растворимостью содержащимся солей в дистиллированной воде, а масштабы проявления суффозионных деформаций определяются объемом вымытых из грунта солей. Исходя из того обстоятельства, что растворимость карбонатов ( $\text{CaCO}_2$  и  $\text{MgCO}_3$ ) в дистиллированной воде низкая действующий стандарт по грунтам, содержащим любое количество карбонатов относит их к категории не засоленных, т.е. суффозионно-устойчивых, а потому строительство на этих грунтах ведется как на обычных грунтах. При этом игнорируется повышенное содержание карбонатов в ЗПГГ (от 10-15 до 70-90%), увеличение растворяющей способности и коррозионной активности грунтовых вод на застроенных территориях, в условиях техногенного воздействия, возможность ухудшения строительных свойств ЗПГГ в основании при выщелачивании труднорастворимых солей агрессивными водами, а также совокупное влияние обозначенных процессов на структурные изменения в грунтах основания, приводящее к развитию осадки, снижению несущей способности и потере устойчи-

ности возводимого объекта. По мнению авторов строительная оценка (т.е. классификация) ЗПГГ, агрессивности грунтовых вод и сложность освоения строительных площадок сложенных ЗПГГ, должна базироваться на совокупной оценке физико-механического и химического состояния грунтов и грунтовых вод основания в условиях техногенного воздействия, интенсивности протекания в грунтах основания суффозионных, деформационных, коррозионных процессов, содержания в них как легко-, средне-, так и труднорастворимых солей [1].

Следует отметить, что изыскание под строительство на обширных территориях, сложенных ЗПГГ, карбонатного типа засоления, отличительная черта которых – обогащённость карбонатами (до 70%), регламентируется как для обычных суффозионно- устойчивых грунтов. Согласно требованиям регламента (СП РК 1.02-105-2014 «Инженерные изыскания для строительства»), в отчетах по изысканиям территорий, сложенных этими грунтами, приводят только лишь рекомендации по защите фундамента от коррозии. При этом опасность специфических проявлений грунтов карбонатного типа засоления, структурных изменений, обусловленных ослаблением солевых цементационных связей, выраженная динамикой развития в них суффозионного процесса размягчения, растворения и износа карбонатов, просадочных и после просадочных деформаций, повышения коррозионной активности под воздействием природных и техногенных факторов и их влияние на надежность эксплуатации ЗС не учитывается [1]. Так, например, оценка коррозионной активности ЗПГГ, которая характеризует условия строительной площадки согласно СН РК 2.01-01-2013 «Защита строительных конструкций от коррозии» носит, скорее всего, вероятностный характер. К примеру, количество соли в единице грунта, соприкасающееся с бетоном, достаточно высокое. Однако, в отсутствии воды и низкой влажности, что характерно для ЗПГГ на стадии изысканий, такие грунты не представляют коррозионной опасности для бетона и металла конструкций нулевого цикла. При подтоплении, которое неизбежно в условиях массовой застройки территорий, в грунтах основания даже с незначительным содержанием соли, формируется агрессивная водно-солевая грунтовая среда (АВСГС), характеризующаяся легкой-, средней-, либо сильной- степенью агрессии к металлам и бетону конструкцией нулевого цикла. К тому же при подтоплении и длительном фильтрационном воздействии в основании, сложенном ЗПГГ, наблюдается снижение прочностных и деформационных свойств.

Расчётные параметры для оценки суффозионных и деформационных процессов в ЗПГГ карбонатного типа засоления при проведении инженерно-геологических изысканий (далее ИГИ) согласно

СП РК 1.02-105-2014 не подлежат определению, а потому суффозионный процесс, интенсивность его протекания и влияние на работу ЗПГГ оснований изначально не подлежат оценке в фундаментастроении. Проведенные испытания суффозионной сжимаемости ЗПГГ по известным, в том числе стандартному способу (ГОСТ 2585-83) показали, что за время испытания от 1,5...3 мес. до 1 года достигается в лучшем случае только 50...60% выщелоченности в образцах, содержащих только легко- и среднерастворимые соли. Следовательно, основной расчетный параметр сжимаемости грунта, используемый в расчетах осадки ЗС на ЗПГГ, остается по существу не определенным. Результаты лабораторного определения физико-механических характеристик ЗПГГ в испытаниях стандартным и известными методами существенно отличаются. Указанное обстоятельство обуславливает повышение стоимости и трудоемкости изысканий под строительство на территориях, сложенных ЗПГГ. Низкая точность определения расчетных параметров ЗПГГ в испытаниях, показывает низкое качество проектных работ, а в последующем надежность эксплуатации объектов [1].

В условиях современной интенсивной массовой застройки территории, сложенных ЗПГГ, а это широкомасштабное нефтегазовое, промышленное и гражданское строительство в Казахстане, становятся не всегда оправданными жесткие требования регламента СП РК 5.01-102-2013 «Основания зданий и сооружений». Это колоссальные расходы на замену ЗПГГ в основании, водозащитные мероприятия, химическое закрепление ЗПГГ, устройство искусственных оснований, применение забивных и набивных свай-стоек с обмазочным покрытием. Как уже было отмечено удорожание и повышение трудоемкости работ нулевого цикла при реализации положений регламента превышает на 5...25% и более затраты на аналогичные работы в обычных грунтах. При этом не гарантируется надежная работа забивной сваи в процессе эксплуатации, потому как обмазочное покрытие сдирается, а свая в процессе забивки растрескивается. Долговечность буронабивных свай также невысокая, потому, как уже в процессе формирования структуры и набора прочности свежеложенный бетон в скважине контактирует с АВСГС. Обеспечить необходимую плотность укладки бетона и контролировать его качество по стволу в процессе устройства сваи на строительной площадке проблематично. Так, например, через 8-10 лет эксплуатации буронабивной сваи в АВСГС г. Атырау (пос. Балыкши) бетон в конструкции практически полностью расслоится, распадутся, и останется только щебень и остатки ржавой арматуры. Аналогичный процесс наблюдается в конструкциях нулевого цикла (лестничные марши и полумарши) в гг. Караганда, Темиртау, Балхаш, Кульсары и т.д. Стоимость эффективных технологий по химическому закреплению ЗПГГ эпоксидными смолами в основании уникальных ЗС

не позволительна для условий массовой застройки территорий, потому как сопоставима с затратами на возведение надземной части.

В целом проведенный анализ и экспертная оценка регламентированных технологий и известного опыта изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации ЗС на ЗПГГ показал, что сложившийся затратный механизм застройки территорий, сложенных ЗПГГ, требует скорейшего пересмотра. На наш взгляд бороться следует не с последствиями многочисленных аварийных деформаций ЗС на ЗПГГ, как это сложилось в современной практике, а выстраивать систему упреждающего достижения требуемого качества и эффективности на всех этапах технологического процесса возведения ЗС (изысканий, проектирования и строительства) путем адаптации к ЗПГГ КТР. Настало время полностью пересмотреть нормативно-законодательную базу по строительству на территориях, сложенных ЗПГГ.

**Результаты исследования.** Для решения обозначенной проблемы была выдвинута научная концепция - упреждающего достижения требуемого качества и эффективности на всех этапах технологического комплекса возведения ЗС (изысканий, проектирования и строительства) путём адаптации к ЗПГГ КТР. Исходили из следующего условия, фундамент на ЗПГГ это инженерная конструкция, расположенная на границе двух независимых систем – суффозионно-неустойчивый ЗПГГ в основании и искусственное сооружение, которое в процессе эксплуатации постоянно находится в области риска. Это обусловлено тем, что ЗПГГ – продукт естественной деятельности природы с трудно контролируемыми и плохо прогнозируемыми свойствами, масштабы и интенсивность изменения которых определяются степенью воздействия на него природных и техногенных факторов. Независимо от этого искусственная система – ЗС на ЗПГГ должна оставаться практически неизменной, потому как даже незначительное развитие дополнительной и зачастую неравномерной просадки или суффозионной осадки фундамента влечет за собой появление дополнительных усилий в надземных конструкциях, а при достижении определенных величин может привести к аварии объекта.

**Рабочая гипотеза.** Основной причиной, сдерживающей решение обозначенной проблемы, является отсутствие системного и комплексного подхода к её решению. Многочисленные разработки известные в области строительства на ЗПГГ предлагаются на основе разрозненных результатов исследования физико-механических свойств отдельных региональных разновидностей ЗПГГ, исследований коррозионно-стойких бетонов, различных конструктивно-технологических решений по устройству основания, фундамента, сооружения, технологий возведения уникальных объектов и пр. При этом комплексный, совместный подход и технологические аспекты реали-

зации этих многочисленных междисциплинарных результатов исследования, их взаимосвязь для условий массовой застройки территорий, сложенных ЗПГГ, остаются практически не затронутыми [2-5].

**Идея работы.** Качественная и эффективная застройка территорий, сложенная ЗПГГ, предполагает развитие технологического комплекса (ТК) по возведению ЗС и геотехническую систему «основание - фундамент - сооружение» (ОФС). Их следует рассматривать, как единую и совокупную систему, разработанную на основе адаптации конструктивно-технологических и технических решений в рамках этой единой системы к изменяющимся условиям на территории сложенной ЗПГГ, протекающей под воздействием природных и техногенных факторов на солевой компонент грунта. Учитывая тот факт, что оптимизация единой системы «ТК-ОФС» на ЗПГГ определяется разнородностью исследуемых факторов (природных, техногенных, конструктивных, технологических, организационных, экономических и пр.) решение проблемы осуществлялось путем экономико-математического моделирования этой системы в сочетании с математическим и гидрогеохимическим моделированием работы ЗПГГ в основании (рисунок 3).

**Научный поиск** был направлен на решение проблемной ситуации, включающей многообразие известных результатов исследования ЗПГГ, конструктивно - технологических приемов и способов производства изыскательных, проектных и строительных работ на ЗПГГ, в отсутствие удовлетворительной методологии единого и системного подхода, научного обоснования, выбора и прогнозирования качественно новых и эффективных решений, адаптированных к условиям суффозионно-неустойчивых ЗПГГ. Так, например, для повышения несущей способности и долговечности набивных свайных фундаментов в АВСГС был предложен комплексный подход, а именно применение упреждающего КТР разработанного на базе известных по принципиально различных подходах к решению этой проблемы, а именно:

- создание защитной коррозионностойкой оболочки по поверхности сваи;

- формирование уплотненного, либо закрепленного ЗПГГ вокруг сваи путем повышения его прочностных и деформационных свойств, структурной и суффозионной устойчивости, водостойчивости и водонепроницаемости и др.;

- повышение прочности и коррозионной стойкости бетона конструкции путем применения модификаторов и пр. (рисунок 2).

Формирование уплотненной, либо закрепленной суффозионно-устойчивой и водонепроницаемой несущей и защитной оболочки под острием и по боковой поверхности сваи при ее устройстве в ЗПГГ достигается механическим, либо химическим воздействием на ЗПГГ



с дополнительным устройством между конструкцией и АВСГС оболочки из кироминеральной смеси, асфальта, мастики на природном битуме, пластмассовой трубы и пр.

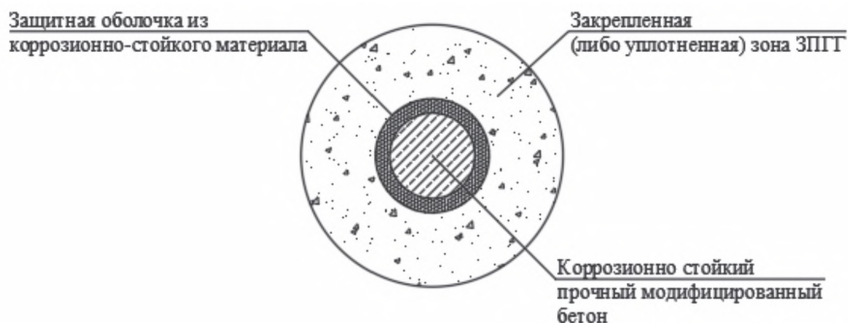


Рисунок 2- Упреждающая технология для повышения несущей способности и долговечности сваи в ЗПГГ

При устройстве буронабивной сваи ЗПГГ вокруг скважины поверхность пропитывается низко концентрированным раствором силиката натрия. Химическое взаимодействие силиката натрия с карбонатами и гипсом, содержащимся в ЗПГГ приводит к образованию вязкой пленки гидрогеля кремниевой кислоты, которая оседает на частицах и агрегатах грунта плотно закупоривает капилляры и поры. Дальнейшее формование бетона буронабивной сваи протекает в оболочке из закрепленного структурно и суффозионно- устойчивого ЗПГГ с повышенной прочностью, водостойчивостью и водонепроницаемостью.

Формование бетона в свае повышенной плотности, путем введения в бетон модификаторов (добавок), позволяет дополнительно повысить коррозионную стойкость фундаментной конструкции. Упреждающее применение этих трех способов в одном на стадии строительства позволяет гарантировать несущую способность и долговечность набивной сваи в АВСГС основания сложенного ЗПГГ, при техногенном воздействии.

**Обсуждение результатов.** Развитие упреждающего технологического комплекса по возведению ЗС на ЗПГГ при реализации предложенной научной концепции качественной и эффективной застройки территории, сложенных ЗПГГ, с опытно-промышленной апробацией результатов исследования в массовом строительстве содержала следующие задачи: анализ известных конструктивно-технологических и технических решений в проблемной области; установление закономерностей влияния гидрогеохимических аспектов на качество и

эффективность изысканий, проектирования и строительства; совершенствование технологии изысканий при оценке основных расчетных характеристик ЗПГГ; разработка методики оптимизации геотехнической системы «ОФС» и технологического комплекса по ее созданию на основе адаптации к ЗПГГ, натурные испытания и апробация новых конструктивно-технологических и технических решений в рамках единой системы «ТК - ОФС» на площадках, сложенных ЗПГГ; разработка нормативно-законодательных документов, регламентирующих предлагаемые технологии изысканий, проектирование и устройства оснований и фундаментов на засоленных грунтах. Развитие ТК или структурно-логическая блок-схема представлена на (рисунок 3).

Оптимизация решений, по реализации выдвинутой научной концепции развития технологического комплекса, базировалась на следующих принципах:

- установление «обратной связи», обуславливающей решение задач изысканий, проектирования и строительства в зависимости от конечной цели (качество и эффективность геотехнической системы ОФС);
- комплексности и системности в соответствии, с которыми определялись критерии оптимизации и адаптации каждого этапа технологического комплекса (изысканий, проектирования и строительства);
- адаптации, требующей последовательной корректировки конструктивно-технологических решений при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации в зависимости от поступающей информации о природных и техногенных изменениях на территории застройки.

Основным фактором, определяющим стратегию застройки территорий, сложенных ЗПГГ, является суффозионная и структурная неустойчивость этих грунтов, в условиях техногенного воздействия при эксплуатации ЗС, под влиянием как естественных (природных), так и техногенных факторов на солевую компоненту грунта. Исходя из этого уже на стадии предпроектных инженерно-геологических изысканий, а также на последующих этапах развития технологического комплекса, ставилась задача максимальной адаптации проектируемого объекта к условиям эксплуатации в суффозионно- и структурно-неустойчивых грунтовых условиях. С этой целью в предложенной схеме развития технологического комплекса этапы процессов характеризуются определяющими критериями по оценке эффективности конструктивно-технологических и технических решений на различных этапах, а именно:

- при изысканиях, достоверность определения и прогноза измерения расчетных параметров ЗПГГ в условиях техногенного воздействия;
- при проектировании – оптимизация проектируемого решения;
- при строительстве – эффективность и качество работ;
- при эксплуатации – надежность проектного решения.

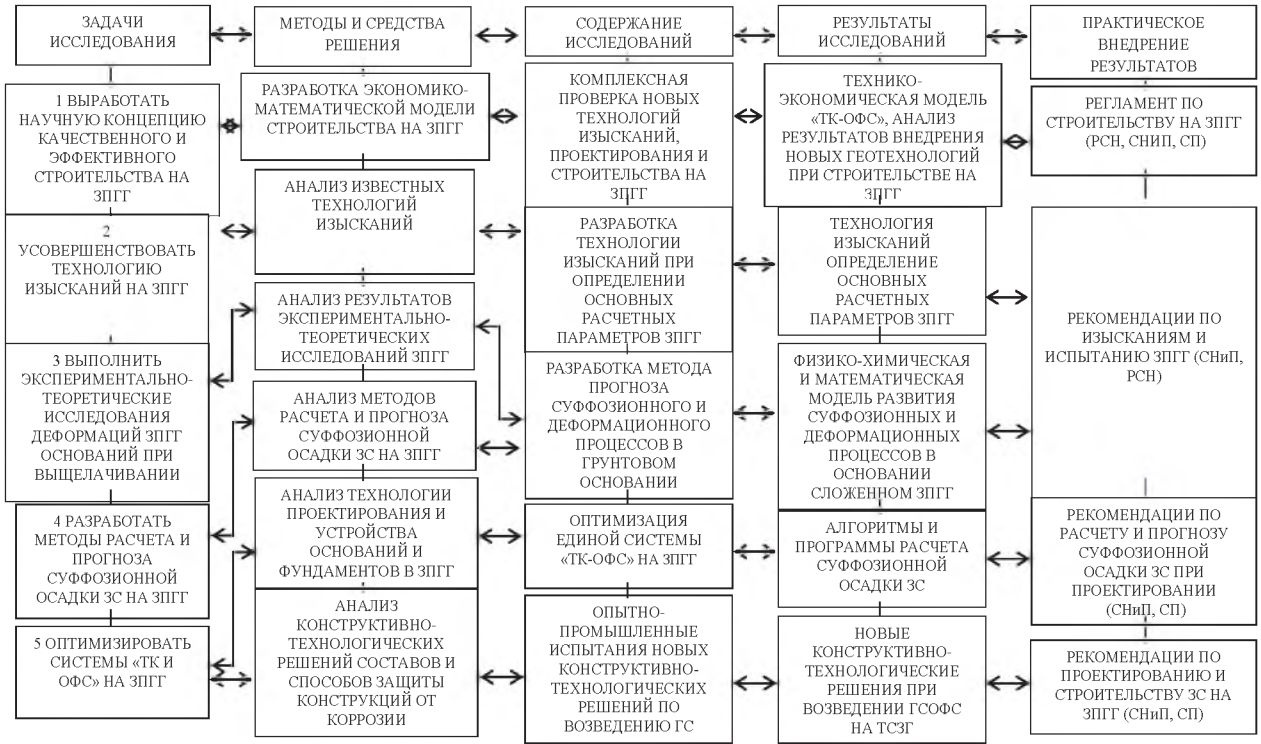


Рисунок 3- Упреждающая комплексная технология возведения ЗС на ЗПГ [1]

Суть опережающего развития КТР, и в целом технологического комплекса, по возведению ЗС на ЗПГГ заключается в том, что при его разработке суффозионный процесс, деформация грунтового основания, материал, конструкция основания, фундамента, ЗС, их защита от коррозии, сверхнормативной просадки и суффозионной осадки рассматриваются совокупно и во взаимосвязи, в рамках обеспечения эффективной и надежной работы единой системы ОФС в условиях техногенного воздействия. Выбор оптимального КТР базируется на технико-экономическом сравнении, предлагаемых альтернативных решений на всех стадиях развития технологического процесса: изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации. Последнее должно осуществляться для отдельных фундаментов конкретного проектируемого объекта, находящихся в наиболее сложных условиях (максимальная нагрузка, техногенное воздействие, неблагоприятные условия работы ЗПГГ в основании, суффозионная неустойчивость, коррозионная активность и др.). Далее производится расчет фундаментов с назначением оптимальных размеров, которые могли бы обеспечить суммарную осадку, с учетом просадки и суффозионного сжатия, коррозии конструкции, не превышающей предельно допустимой, для проектируемого класса ЗС. При поиске защитных антикоррозионных покрытий учитываются такие факторы, как дефицитность материала, его стоимость и возможность применения в условиях конкретной строительной площадки.

Основопологающим критерием при функционировании единой системы «ТК - ОФС» на территории, сложенной ЗПГГ, определена – экономическая эффективность, т.е. чистая прибыль. Это означает, что из всего многообразия альтернативных технологий, предпочтение отдается той, которая требует наименьших затрат. При этом экономия затрат ни в коей мере не должна сказаться на снижении качества основания, фундамента, сооружения. Принятие решения, после анализа альтернативных вариантов, должно быть за технологом, - производителем работ, который соотносит это решение с возможностями строительной организации и надежностью геотехнической системы ОФС в конкретных условиях строительства и эксплуатации.

Системный подход при оптимизации единой системы «ТК – ОФС» на ЗПГГ, выразался в выдвижении и сопоставлении альтернативных вариантов технологии изыскательских, проектных и строительных работ по определяющим критериям на каждом этапе. В целом, системный анализ включает в себя: формулирование конеч-

ной цели, выбор определяющих критериев оптимизации на каждом этапе; определение взаимосвязи элементов в изучаемой системе; анализ решений; оценка конечного экономического эффекта (прибыли).

**Выводы.** По результатам теоретических и экспериментальных исследований сформулированы научные положения, разработаны нормативно-законодательные документы и практические рекомендации, обеспечивающие решение актуальной крупной научно-прикладной проблемы – затратного строительства на ЗППГ, а именно:

1 Образовавшийся в результате длительных геологических, климатических, фационных и других процессов ЗППГ представляет собой сложный конгломерат частиц минерального и органического происхождения с разнообразной величиной и формой взаимодействия, свойства которой изменяются в условиях природного и техногенного воздействия на солевую компоненту грунта. Регламентируемые методы и приемы оценки физико-механических и химических свойств ЗППГ, зачастую не учитывают весь спектр этих изменений. Сказанное в полной мере относится к грунтам карбонатного типа засоления.

2 Установлено, что суффозионно-неустойчивый ЗППГ в основном, это стохастическая пространственно-временная отдельность общей территорий сложенных ЗППГ, формирующаяся в условиях природного и техногенного воздействия на солевую компоненту грунта, что предполагает технологический комплекс по возведению и эксплуатацию геотехнической системы «ТК-ОФС» рассматривать неразрывно и во взаимосвязи на основе адаптации конструктивно-технологических и технических решений в рамках этой единой системы к изменяющимся условиям. Несоблюдение сформулированной научной концепции, определяющей условия строительства на ЗППГ, обуславливает возникновение аварийной ситуации и, как следствие, дополнительные затраты на ремонт, усиление или восстановление ЗС [1].

3 Усовершенствована технология инженерно-геологических изысканий на ЗППГ на основе формирования общих принципов, критериев оценки, объема, последовательности, универсальных средств и способов определения и прогноза изменения основных расчетных параметров грунта применительно к изменяющимся условиям строительства на ЗППГ под воздействием техногенных факторов, суть которой заключается в том, что этап изысканий определен как основ-

ной при прогнозе поведения ЗПГГ в основании конкретного объекта, обеспечивающий на стадии проектирования его надежное строительство и эксплуатацию. Авторское право, новизна и эффективность отдельных положений предложенной технологии подтверждены А.С. СССР №№ 1374129, 1425538, 1567981, 1599770, пред.патентом РК № 124476, заявками на патенты РК №№ 2004/1782.1, 2004/1789.1, республиканскими строительными нормами РК 54-90; 55-90.

4 Разработаны новые классификации ЗПГГ, грунтовых вод и строительных площадок по категориям сложности их освоения при строительстве, как динамично изменяющихся систем, базирующиеся на анализе результатов исследования совокупности показателей физико-механического и химического состояния, интенсивности протекания суффозионных и деформационных процессов, содержании легко-, средне- и труднорастворимых солей в грунтах основания, что позволяет уже на начальной стадии застройки территорий сложных ЗПГГ оптимизировать технологию изыскательских, проектных и строительных работ, повысить их качество, снизить стоимость и трудоемкость [1].

5 Предложена экономико-математическая и гидрогеохимическая модели развития упреждающего технологического комплекса по возведению ЗС на ЗПГГ, на основе детерминированной взаимосвязи между показателями надежности основания (фундамента), свойствами грунта и технико-экономическими параметрами строительного производства, позволяющие учесть изменяющиеся условия строительства на ЗПГГ и оптимизировать выбор геотехнической системы ОФС в зависимости от диагностических факторов, определяющих эффективность технологических процессов (рисунок 2).

6 Получил развитие технологический комплекс по возведению ЗС на ЗПГГ на базе формулирования общих принципов, критериев оценки и последовательности оптимизации конструктивно-технологических решений в рамках возведения единой системы «фундамент – защитное покрытие – агрессивная водно-солевая грунтовая среда – технологический процесс», суть которой заключается в том, что суффозионный процесс, деформации грунта в основании, агрессивность водно-солевой грунтовой среды, конструкции основания, фундамента, сооружения, их устройство и защита рассматриваются совокупно во взаимосвязи. Авторское право, новизна и эффективность геотехнологий, разработанных на основе сформулированных принципов и подходов подтверждены А.С. СССР №№ 1805169, 1719548,

1678971, 1678972, 161281, 1673677, 168913, 1812836, 1700137, 168670, 1670319, 1823556, патентами РК №№ 1048, 10456, 12445, 11211, 10582, 10569, 10571, решениями о выдаче пред. Патентов по заявкам РК №№ 2004/1783.1; 2004/1788.1; 2004/1784.1, республиканскими строительными нормами РСН РК 54-90, СП 5.01.11.2004, СНиП 3.02-29-2004 и др.

7 Заложены основы нормативно- законодательной строительной базы в Республике Казахстан, регламентирующие разработанные авторами новые технологии изысканий, проектирования и возведения ЗС на ТСЗГ, что нашло отражение в РСН 54-90 «Испытания засоленных грунтов в лабораторных условиях»; РСН 55-90 «Испытания засоленных грунтов в полевых условиях»; СНиП 3.02-29-2004 «Отделочные и защитные покрытия»; СП 5.1.2004 «Фундамент в вытрамбованном котловане»; КТП РК Х.ХХ-ХХ-2011 (КСН РК ЕН 1997-1:2004/2011 «Проектирование зданий на засоленных грунтах»), 4-х практических рекомендациях и др. официальных документах.

8 Результаты исследования позволяют использовать «бросовые земли», сложенные ЗПГГ, под строительство ЗС и, тем самым освободить земельные участки с плодородной почвой на сельскохозяйственные нужды. Это, в свою очередь, благоприятно скажется на экологической обстановке.

9 Эффективность и качество предлагаемых КТР по развитию технологического комплекса возведения ЗС на ЗПГГ подтверждена их опытно-промышленной апробацией при застройке ЗПГГ, на отдельных объектах Прикаспийского нефтегазового комплекса в п.г.т. Кульсары, Тенгизе, ЗС в г. Атырау, Актобе, Караганде, Темиртау и др., каскада водохранилищных плотин на Каракумском канале, авто-трасс «Алматы- Астана» и «Кызыл-Орда – Жезказган – Караганда – Павлодар». При этом в 1,5 – 3 раза снижена трудоемкость, уменьшен расход материалов (бетон, арматура, опалубка), повышено качество возведения и эксплуатации строительных объектов. Экономический эффект от внедрения разработок составил десятки и сотни млн. тенге [1].

### Список литературы

1 Унайбаев Б.Ж., Унайбаев Б.Б. и др. Инновации при застройке территорий сложенных засоленными грунтами в Республике Казахстан. Монография – Алматы: Эверо, 2018.- 224с., [Unajbaev B.ZH., Unajbaev B.B. i dr. Innovatsii pri zastrojke territorij slozhennykh zasolennymi gruntami v Respublike Kazakhstan. Monografiya – Almaty: EVerov, 2018.- 224s.]

2 *Мустафаев А.А.* Деформации засоленных грунтов в основаниях сооружений.-М.: Стройиздат, 1985.-280с., [Mustafaev A.A. Deformatsii zasolennykh gruntov v osnovaniyakh sooruzhenij.-M.: Strojizdat, 1985.-280s]

3 *Петрухин В.П.* Строительство сооружений на засоленных грунтах.-М.: Стройиздат, 1989.-264с., [Petrukhin V.P. Stroitel'stvo sooruzhenij na zasolennykh gruntakh.-M.: Strojizdat, 1989.-264s..]

4 Растворение и выщелачивание горных пород.- М.: Госстройиздат, 1957.-286с. (Первое совещание (в Москве 19.11.1955г.) по вопросам выщелачивания воднорастворимых горных пород), [Rastvorenie i vyshhelachivanie gornykh porod.- M.: Gosstrojizdat, 1957.-286s. (Pervoe soveshhanie (v Moskve 19.11.1955g.) po voprosam vyshhelachivaniya vodnorastvorimyykh gornykh porod).]

5 *Терлецкая М.Н.* Каналы в водонеустойчивых грунтах аридной зоны.- М.: Колос, 1983.-95с., [Terletskaia M.N. Kanaly v vodoneustojchivyykh gruntakh aridnoy zony.- M.: Kolos, 1983.-95s]

**Унайбаев Б.Б.**, докторант, mail: u-danik@mail.ru

**Унайбаев Б.Ж.**, доктор технических наук, профессор,  
e-mail: ubks52@mail.ru

**Ищанова А.Ш.**, магистр технических наук, старший преподаватель,  
e-mail: aisluis@mail.ru