

УДК 625.24

ОПЫТ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ СКВАЖИНЫ № 205 НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ЖОЛАМАНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБЛЕГЧЕННОГО ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА С АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ ДОБАВКОЙ

Б.Т. Умралиев, М.Ж. Таскинбаев, А.К. Сейтов, К.Б. Ашимов, Т.М. Конуспаев

В данной работе проведен анализ местных сырьевых материалов в качестве облегчающих добавок к цементам, анализ данных по цементированию скважин, а также поиск путей снижения затрат на крепление скважин.

Разработаны составы облегченных тампонажных материалов, отвечающих геолого-техническим условиям крепления скважин, проведено цементирование скважины № 205 на месторождении Жоламанов, осуществлен анализ качества цементирования.

Ключевые слова: тампонажные материалы, облегченные тампонажные смеси, алюмосиликатная добавка, отходы теплоэлектростанций.

Крепление является одним из ответственных этапов строительства скважин, от качества которого зависит их безопасная эксплуатация на протяжении всего жизненного цикла, предотвращающая при этом грифонообразование и выход пластовых флюидов на дневную поверхность, а также появление межколонных давлений и межпластовых перетоков при эксплуатации скважин.

Месторождения Эмбы разрабатываются уже на протяжении многих десятилетий, поэтому подобно многим зрелым месторождениям имеют низкие пластовые давления, а геолого-технические условия проводки скважин имеют значительные отличия от первоначальных, что создают некоторые проблемы в ходе строительства скважин.

Одной из таких сложных ситуаций является недоподъем цементных растворов за эксплуатационную колонну из-за наличия «слабых» горизонтов при применении тампонажных растворов нормальной плотности, который влечет за собой применение многоступенчатого способа цементирования скважин с ис-

пользованием муфты ступенчатого цементирования (далее – МСЦ), что имеет ряд недостатков, связанных с ее разовой функцией, а также влияния ее на долговечность и целостность скважин. В этих условиях наиболее рациональным является цементирование с применением цементных растворов двумя порциями – раствора нормальной плотности и облегченного раствора с учетом фактических значений пластовых давлений и прочностных характеристик горных пород.

Для разработки составов облегченных тампонажных материалов, отвечающих геолого-техническим условиям крепления скважин, необходимо выполнить широкомасштабные исследования по определению пригодности сырьевых материалов, провести испытание их непосредственно на месторождениях группы компаний АО НК «КазМунайГаз».

Введение

Одним из путей решения поставленной задачи является использование добавок, обладающих многофункциональными свойствами. Компоненты

добавки должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть совместимыми с компонентами цементного раствора и реагентами, применяемыми для его обработки;
- не изменять реологических характеристик тампонажного раствора;
- способствовать образованию прочного, малопроницаемого цементного камня;
- обеспечить эффект расширения камня при твердении;
- иметь фазовый состав продуктов твердения, стойкий к агрессивным средам.

Теоретическое обоснование состава облегченного тампонажного раствора

Для получения облегченного цементного раствора плотностью 1400 кг/м³ в качестве базового вяжущего материала использован сульфатостойкий тампонажный портландцемент класса I-G ОАО

«Новотроицкий цементный завод» т.к. данный портландцемент соответствует геолого-техническим условиям месторождения Жоламанов.

Для улучшения технологических характеристик облегченного цементного раствора предлагается применять химические добавки, регулирующие реологические и фильтрационные свойства цементного раствора.

В качестве добавки для снижения плотности цементного раствора использованы алюмосиликатные добавки, которые представляют собой легкие высококачественные фракции продуктов сжигания угля и торфа на теплоэлектростанциях (далее - ТЭС), имеющие насыпную плотность 300-400 кг/м³.

Химический состав алюмосиликатной добавки АСЭ (АСЭ - алюмосиликат экибастузский) представлен в основном оксидами кремния (до 70%) и алюминия (до 28%) (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав алюмосиликатной добавки, в %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
58-68	32-38	1,4-2	1,9	1,0	1,5

Примечание: Температура обжига 1000-1200°С. Размер микросфер колеблется в пределах от 20 до 25 мкм.

- Применение АСЭ позволяет:
- снизить плотность цементного раствора (в широком диапазоне);
 - проявить пластифицирующий эффект при низких водоцементных отношениях (далее – В/Ц);
 - получить структуру цементного

камня с образованием более качественных продуктов твердения, таких как низкоосновные гидросиликаты кальция типа тоберморита, ксонотлита и др. (рис. 3);

- возможность использования ее при высоких давлениях, температурах и глубинах (до 5000 м).



Рисунок 1. Схема взаимодействия частиц цемента с облегчающей добавкой АСЭ

Образовавшиеся гидратные фазы в составе тампонажных смесей являются устойчивыми даже в условиях агрессивных компонентов, таких как сероводород и углекислый газ.

Лабораторные исследования

Предварительно проведенные в ТОО «Бургылау» лабораторные исследования технологических параметров цементного раствора с облегчающей добавкой показали хорошие результаты. Введение облегчающей алюмосиликатной добавки (АСЭ) от 10% до 30% в состав портландцемента позволяет снизить плотность цементного раствора с 1560 кг/м^3 до 1370 кг/м^3 при $V/C = 0,46$ (табл. 4). При этом прочность цементных камней на сжатие (твердение

при температуре 50°C) через 1 сутки (в зависимости от количества добавки 10-30%) снизилась с $13,8\text{ МПа}$ до $7,7\text{ МПа}$, что соответствует требованиям ГОСТ 1581-96 [1] на облегченные тампонажные материалы (тип III-Об – не ниже $0,7\text{ МПа}$).

Добавка невзрывчатой расширяющей смеси (далее – НРС) в количестве до 2% не влияет на плотность раствора и прочностные характеристики цементного камня, при этом сроки загустевания раствора несколько сокращаются, а сцепление цементного камня с ограничивающими поверхностями должно улучшаться.

Изменение величины консистенции цементного раствора с добавкой 30% АСЭ, выдержанного при температуре 50°C , представлено на рис. 2.

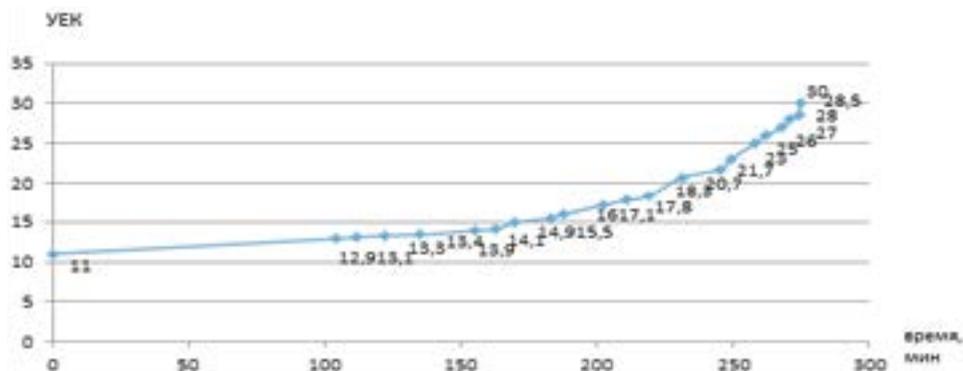


Рисунок 2. Изменение удельных единиц консистенции (УЕК) цементного раствора с добавкой 30% АСЭ при температуре 50°C

Таблица 2. Технологические параметры тампонажного портландцемента с облегчающей алюмосиликатной добавкой АСЭ

С использованием пресной воды для затворения, при температуре 50°C, В/Ц = 0,46

Наименование цемента	Водоотделение, мл	Растекаемость, см	Плотность, кг/м ³	Начало схватывания, час, мин	Конец схватывания, час.-мин.	Прочность на сжатие, МПа, через 1 сут	Химическая добавка
ПЦТ I-G-CC-1	2	23	1,89	2 час 35 мин	3 час 30 мин	19,8	-
ПЦТ I-G-CC-1	2	23	1,89	2час 15 мин	3 час 10 мин	19,0	2% НРС
ПЦТ I-G-CC-1 Новотроицкий	2	21	1,56	2 час 35 мин	3 час 45 мин	13,8	10% АСЭ
ПЦТ I-G-CC-1 Новотроицкий	1	19	1,50	3 час 10 мин	4 час 20 мин	10,34	20% АСЭ
ПЦТ I-G-CC-1 Новотроицкий	0,5	19	1,37	3 час 45 мин	5 час 15 мин	7,7	30% АСЭ
ПЦТ I-G-CC-1 Новотроицкий	0	21	1,56	2 час 15 мин	3 час 40 мин	13,8	2% НРС; 10% АСЭ
ПЦТ I-G-CC-1 Новотроицкий	0	19,5	1,49	2 час 20 мин	3час 45 мин	10,34	2% НРС; 20% АСЭ
ПЦТ I-G-CC-1 Новотроицкий	0	19	1,37	2 час 30 мин	4 час 40 мин	7,67	2% НРС; 30% АСЭ
Оптимизированный состав тампонажного цемента с облегчающей добавкой							
ПЦТ I-G-CC-1 Новотроицкий	0	17	1,37	0 час 50 мин	1 час 45 мин		3% CaCl ₂ ; 28% АСЭ
ПЦТ I-G-CC-1 Новотроицкий	0	18	1,41	2 час 25 мин	3 час 35 мин	10,7	2% НРС; 25% АСЭ
ПЦТ I-G-CC-1 Новотроицкий	0	17	1,37	1 час 25 мин	2 час 45 мин	12,9	1% CaCl ₂ ; 25% АСЭ

В результате обработки лабораторных данных получены следующие уравнения (табл. 3).

Таблица 3. Результаты обработки лабораторных данных

№	Параметр	Уравнение регрессии в кодированном виде
1	Плотность, кг/м ³	$\rho = 1465 - 95,0 * X_1$
2	Растекаемость, см	$D = 20 - X_1$
3	Сроки начала схватывания (50°C), мин	$T_{н.схв} = 166,25 + 21,25 * X_1 + 23,75 * X_2$
4	Прочность на сжатие (50°C), МПа	$\sigma_{сж} = 9,2175 - 1,5325 * X_1 - 1,525 * X_2$

Примечание: X₁ – количество добавки АСЭ; X₂-количество добавки НРС

По результатам лабораторных тестов тампонажных смесей при различных соотношениях компонентов, сделан вывод об их применимости на скважинах со «слабыми» градиентами давлений. При этом установлено, что для обеспечения плотности раствора 1400 кг/м³ достаточно ввести в состав цемента ПЦТ

I-G-100 добавку АСЭ в количестве 20-25%, что обеспечивает достаточную прочность цементного камня в широком диапазоне температур.

Подготовительные работы к цементированию

По предварительному согласованию с Департаментом бурения и капитально-

го ремонта скважин АО «Эмбаунайгаз» было решено применить облегченные добавки для цементирования скважины № 205 на месторождении Жоламанов (НГДУ «КайнарМунайГаз»), где условия применения тампонажных цементов нормальной плотности привело бы к поглощению раствора и гидроразрыву горных пород.

Конструкция скважины представлена в табл. 4, разрез литологически сложен терригенными породами с градиентами давлений на глубине 1000 м (на 1 м):

пластового/порового – 0,105 кгс/см²
гидроразрыва – 0,107 кгс/см²

Основываясь на предварительно проведенных испытаниях, для условий крепления скважины № 205 подобран состав облегченного тампонажного раство-

ра, проведены лабораторные испытания разработанного состава, облегченного тампонажного материала в лабораториях компании Халлибуртон и филиала «Каспиймунайгаз» в г. Атырау. Лабораторные анализы цементных растворов производились согласно двум стандартам, которые являются руководящими документами в РК - ГОСТ 26798.1-96 и СТ РК ИСО 10426-2-2012.

Для улучшения реологических характеристик применен химический реагент - конденсированная сульфид-спиртовая барда (далее – КССБ), для расширения – невзрывчатая расширяющая смесь (далее – НРС) и химический реагент для улучшения сцепления с колонной и стенкой скважины – Крепь-1.

Таблица 4. Конструкция скважины №205

Наименование колонны	Диаметр колонны, мм	Высота подъема цемента,
Направление	20	До устья
Кондуктор	200	До устья
Эксплуатационная колонна	1000	До устья

Подготовка к цементированию эксплуатационной колонны производилась согласно плана работ. Проведены следующие лабораторные исследования соответствия параметров цементных растворов условиям цементирования скважины: плотности, растекаемости, времени загу-

стования, прочности на сжатие и на изгиб, которые соответствовали требованиям ГОСТ 26798.1-96 и ГОСТ 1581-96 (табл. 5) [2].

В качестве буферной жидкости использован раствор Richmolle Buffer в объеме 7 м³.

Таблица 5. Результаты лабораторных испытаний тампонажных составов для 1 и 2 порции цементного раствора

Наименование	Состав порции	
	Порция 1: ПЦ I-G +АСЭ (25%)+НРС (2%)+КССБ (0,25%)+Крепь (0,7%)	Порция 2: ПЦТ I-G (100%)
Плотность	1400 кг/м ³	1850 кг/м ³
Растекаемость	19 мм	22,25 мм
Время загустевания		
- начало	6 час 05 мин	4 час 45 мин
- конец	7 час 00 мин	5 час 30 мин
Прочность на сжатие/изгиб	10,54 МПа /2,88 Мпа	3,84 МПа/14,27МПа

Состав цементного раствора и количество материалов, использованное для

цементирования скважины приведены в табл. 6.

Таблица 6. Состав облегченного цементного раствора

Материал	Количество
Цемент класса I-G 100%	19 т
Алюмосиликатная добавка АСЭ 25%	3,85 т
Расширяющая добавка НРС 2%	300 кг
КССБ 0,25%	20 кг
Крепль-1 0,7%	50
Richmolle Buffer	25

Моделирование процесса цементирования и расчет значения гидродинамического давления и устьевое давление рассчитаны на ПО «WellPlan» и «Paradigm», при этом в расчетах были использованы фактические реологические данные бурового и тампонажных растворов и буферной жидкости.

Приготовление облегченной тампонажной смеси осуществлялось путем очередной затарки компонентов в силосы в необходимых соотношениях по «Сэндвич методу» на буровой. Приготовленная тампонажная смесь в смесительных установках 4 раза перебункеровалась. Предварительно подготовлено необходимое количество технической воды для затворения цемента с затворением порошкообразного КССБ.

Процесс цементирования

Процесс цементирования 168,3 мм

эксплуатационной колонны проводился согласно плана работ. При замешивании и закачки облегченного и цементного раствора нормальной плотности осложнений не наблюдалось, однако во время продавки после 5 м³ устьевое давление на агрегате выросло до 10 атм (плановое устьевое давление 5 атм) при скорости прокачки 900 л/мин (рис. 3). Продавливание цементного раствора продолжилось со скоростью 900 л/мин до 11 м³ при устьевом давлении 17-19 атм. Далее, для предотвращения гидроразрыва горных пород путем снижения скорости прокачки до 600 л/мин снизили устьевое давление до 11 атм. Оставшийся объем продавочной жидкости прокачали с разницей от планового устьевое давления на 7-10 атм и тем самым обеспечили выход цементного раствора до устья плотностью 1,40 г/см³. Потеря циркуляции во время работы не наблюдалась.

Отклонение устьевое давления от планового, объясняется тем, что во время продавливания 5 м³ цементный раствор вышел из-под башмака, и началась дегидратация в открытом стволе из-за высокого показателя фильтрации (897 мл / 30 мин). Объем открытого ствола по данным кавернограммы на 400 м составил 6,78 м³. Из-за малого интервала открытого ствола и небольшой глубины у цементного раствора полная дегидратация не произошла.

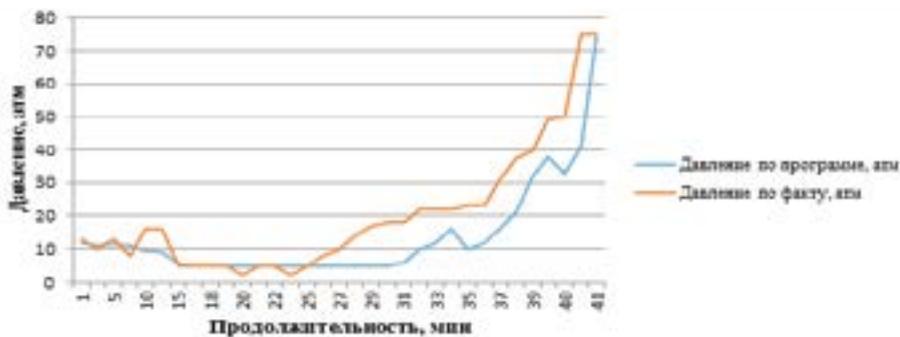


Рисунок 3. Изменение давления в процессе закачки цементного раствора

Качество цементирования определялось акустической цементометрией (рис. 4). Доля сплошного сцепления акустическая цементометрия (далее – АКЦ) облегченного цементного камня с учетом

граничных значений в интервале открытого ствола 600-980,9 м составила 90,1%, в интервале облегченного цементного камня в открытом стволе 600-775 м составила 95,6%.

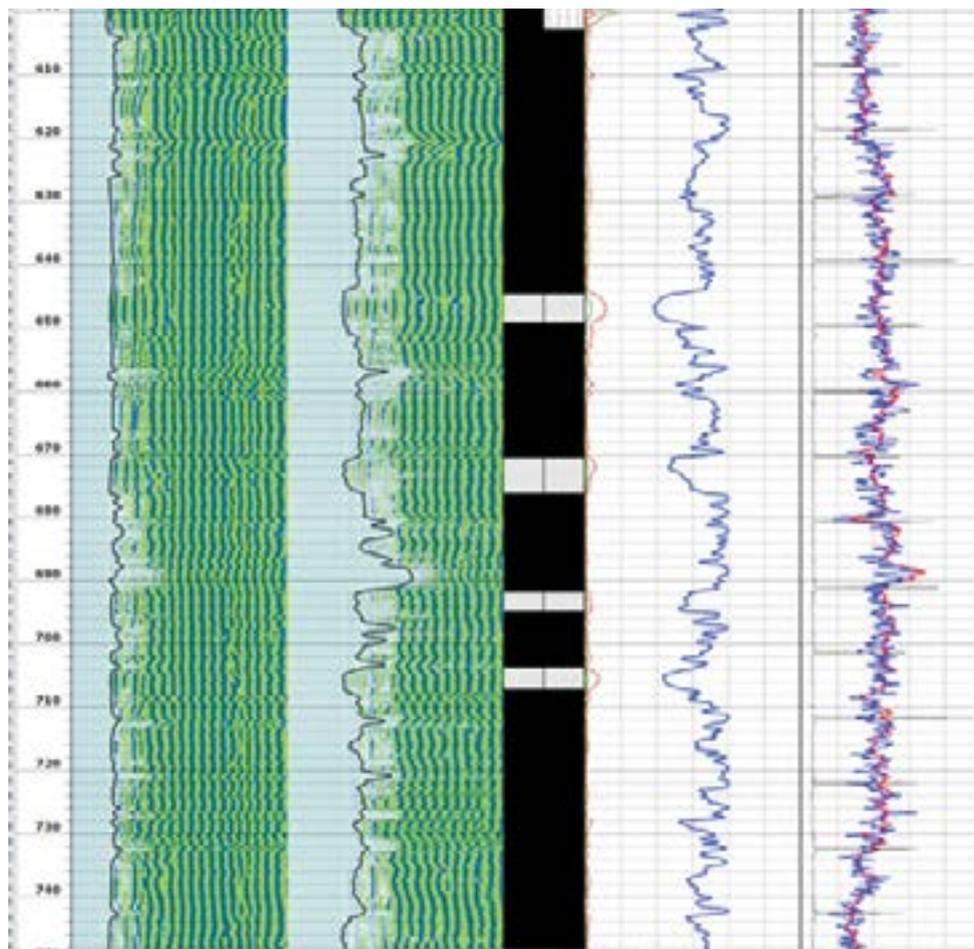


Рисунок 4. Качество цементирования скважины № 205

Анализ данных по цементированию на ранее пробуренных скважинах в период с 2014-2016 гг. на данном месторождении показал, что доля сплошного сцепления в открытом стволе составила не более 50%, что значительно ниже полученного результата с использованием облегченного цемента с добавкой АСЭ.

Выводы по результатам работы

Таким образом, основываясь на результатах цементирования скважины

№ 205, эффект от применения тампонажного материала с облегчающей добавкой заключается в следующем:

1. Снижаются затраты (цементный раствор, работа техники), связанные с поглощением большого количества цементных растворов в «слабые» пласты.
2. Применение одноступенчатого способа сокращает продолжительность цементирования скважин и расходы, связанные с ним, по сравнению с традиционно применяемым на месторождении

двухступенчатым способом цементирования.

3. Сокращаются затраты на приобретение дополнительных элементов обсадных колонн, применяемых при двухступенчатом способе цементирования (МСЦ, пробки).

4. Исключается риск возникновения инцидентов от применения бракованных МСЦ заводского исполнения, тем самым обеспечивается целостность эксплуатационных колонн.

5. Снижается депрессивное воздействие на продуктивный пласт, исключающее его загрязнение. При этом сокраща-

ются сроки освоения скважин.

6. Обеспечивается высота подъема цементного раствора до устья и улучшается показатель сцепления цемента с колонной, что позволят предотвратить заколонные перетоки, снизить риск возникновения коррозии эксплуатационных колонн, а также сокращает количество ремонтов, связанных с восстановлением их герметичности и изоляцией водопритоков.

7. В конечном итоге, все вышеперечисленные моменты могут снизить зависящие и не зависящие от времени затраты на строительство скважин.

Список использованной литературы

1. ГОСТ 1581-96 Межгосударственный стандарт Портландцементы тампонажные.
2. ГОСТ 26798-96 Межгосударственный стандарт Цементы тампонажные. Методы испытаний.

АЛЮМОСИЛИКАТ ҚОСПАСЫ БАР ЖЕҢІЛДЕТІЛГЕН ЦЕМЕНТ ЕРІТІНДІСІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЖОЛАМАНОВ КЕН ОРНЫНДАҒЫ № 205 ҰҢҒЫМАНЫ ЦЕМЕНТТЕУ ТӘЖІРИБЕСІ

Б.Т. Умралиев, М.Ж. Тасқынбаев, А.К. Сейтов, К.Б. Әшімов, Т.М. Қоныспаев

Түйіндеме

Аталған жұмыста цементтерге жеңілдетілген қоспалар ретінде жергілікті шикізат материалдарына, ұңғымаларды цементтеу бойынша деректерді талдау, сондай-ақ, ұңғымаларды бекіту шығындарын төмендету жолдарын іздестіруге талдау жүргізілді.

Ұңғымаларды бекітудің геологиялық-техникалық шарттарына жауап беретін жеңілдетілген тампонаждық материалдардың құрамы әзірленді, Жоламанов кен орнындағы № 205 ұңғыма цементтелді, цементтеу сапасына талдау жасалды.

Түйінді сөздер: тампонаждық материалдар, жеңілдетілген тампонаждық қоспалар, алюмосиликатты қоспа, жылу электр станцияларының қалдықтары.

CASE OF CEMENTING OF WELL No. 205 AT ZHOLAMANOV FIELD WITH THE APPLICATION OF LIGHT-WEIGHT CEMENT MORTAR WITH ALUMINOSILICATE ADDITIVE

B.T. Umraliyev, M.Zh. Taskinbayev, A.K. Seitov, K. B. Ashimov, T.M. Konuspayev

In this work, we perform an analysis of local raw materials as facilitating additives to cements, analysis of data on cementing of wells, and also search for ways to reduce the cost of well cementing.

Compositions of lightweight cementing materials that meet the geological and technical conditions for well attachment have been developed, cementing of well No. 205 at the Zhola-manov field has been carried out, and cementing quality has been analyzed.

Key words: grouting materials, lightweight grouting mixtures, aluminosilicate additive, wastes of thermal power plants.

Информация об авторах

Умралиев Бауржан Тажикенович – заместитель директора департамента технологий бурения, *B.Umraliyev@niikmg.kz*

Таскинбаев Малик Жаксылыкович – директор департамента технологий бурения, *M.Taskinbayev@niikmg.kz*

Сейтов Айдынғали Кабдығалиевич – научный сотрудник департамента технологий бурения, *A.Seitov@niikmg.kz*

Ашимов Канат Берикханович – заместитель директора департамента контроля и технологического сопровождения, *K.Ashimov@niikmg.kz*

ТОО «КМГ Инжиниринг», г. Нур-Султан.

Конуспаев Тынышбек Мурзағалиевич – директор департамента буровых работ и капитального ремонта скважин в АО «Эмбаунагаз», *T.Konyuspaev@emg.kmger.kz*

Филиал ТОО «КМГ Инжиниринг» «Каспиймунагаз» в г. Атырау.