

УДК 622.276:658.58; 622.276.4

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДОПРИТОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЧАСТИЦ

Ш.П.Казымов, Ф.Ф.Ахмед, Ш.О.Гулиева  
(НИПИ "Нефтегаз")

Кроме использования магнитных систем в нефтедобыче известна также практика применения магнитных руд. Эффект увеличения дебита нефти скважины по предлагаемому способу предопределяет увеличение притока нефти за счёт создания трещин в процессе гидравлического разрыва и их заполнения высокопроницаемым гранулярным материалом. Пластовая вода при пребывании в магнитном поле приобретает значительный начальный градиент и даже при значительных, порядка несколько десятков атмосфер, перепадах давления находится в неподвижном состоянии.

**Ключевые слова:** магнитная обработка, солеотложения, деэмульгатор, пескопроявление, обводненность, ферромагнит, дебит нефти.

**Адрес связи:** shukurali.kazimov@socar.az

**DOI:** 10.5510/OGP20120100103

Постоянные магниты давно и достаточно широко используются для решения различных проблем нефтедобычи. Основные направления использования магнитных устройств различных типов:

- воздействие магнитным полем на добываемую продукцию непосредственно в скважине;
- обработка жидкости, закачиваемой в пласт;
- использование магнитного поля в процессе сбора, подготовки и транспортировки нефти и газа;
- утилизация и обезвреживание отходов.

Магнитные системы и устройства для воздействия на скважинную продукцию подразделяются на два основных типа: устройства на основе электромагнитов либо на основе постоянных магнитов. При этом постоянные магниты имеют ряд неоспоримых преимуществ, а именно: сравнительная дешевизна и простота монтажа. Недостатком является ограниченный срок службы постоянных магнитов, однако он не имеет большого значения, т.к. в любом случае при капитальном ремонте скважины устройство подлежит замене. Еще один существенный недостаток - это неэффективность использования постоянного магнита в условиях коррозионно-активных пластовых вод. Их коррозионная активность обуславливается жизнедеятельностью сульфатвосстанавливающих бактерий, которая не подавляется постоянным магнитным полем.

Теоретические аспекты механизма влияния магнитного поля на водные системы включают в себя три основные гипотезы:

- действие магнитного поля на ионы солей, присутствующих в воде;
- действие магнитного поля на примеси воды;
- изменение в магнитном поле свойств воды.

Изменение физических свойств воды после воздействия на нее магнитного поля доказано экспериментально: снижается скорость коррозии, уменьшаются солеотложения, понижается температура замерзания воды. Жидкость становится

менее коррозионно-активной, значительно ухудшаются условия для образования стойких эмульсий. Это позволяет более эффективно использовать химреагенты и снижать их расход без потерь.

Исследовательские работы в данном направлении ведутся в основном на базе накопленных фактов-результатов опытов и внедрений, часто трудновоспроизводимых, и гипотез, порой противоречащих друг другу [1 - 3].

Использование магнитных устройств для предотвращения асфальтено-смолисто-парафиновых отложений (АСПО) началось в пятидесятые годы прошлого века, но из-за малой эффективности широкого распространения не получило. Отсутствовали магниты, достаточно долго и стабильно работающие в скважинных условиях. Начиная с 90-х годов интерес к использованию магнитного поля для воздействия на АСПО значительно возрос, что связано с появлением на рынке широкого ассортимента высокоэнергетических магнитов на основе редкоземельных металлов.

Использование магнитного поля для борьбы с образованием солеотложений основано на следующем принципе: магнитное поле оказывает влияние на кинетику кристаллизации, обуславливающее увеличение концентрации центров кристаллизации в массе воды. Водная система выводится из относительно стабильного состояния, возрастает скорость образования осадков и формируется множество мелких кристаллов практически одинакового размера. В дальнейшем, вместо отложения солей на поверхности оборудования, взвесь образуется в объёме раствора и выносится из опасной зоны с помощью специальных устройств [1].

В нефтедобыче всегда остро стояла проблема разделения высокостойких эмульсий в связи с недостаточным эффективным воздействием деэмульгаторов. Для повышения эффективности деэмульгатора, особенно на высоковязкие и высокопрочные водонефтяные эмульсии, применяются различные методы, среди которых особо выделяется обработка эмульсии магнитным полем [1, 4].

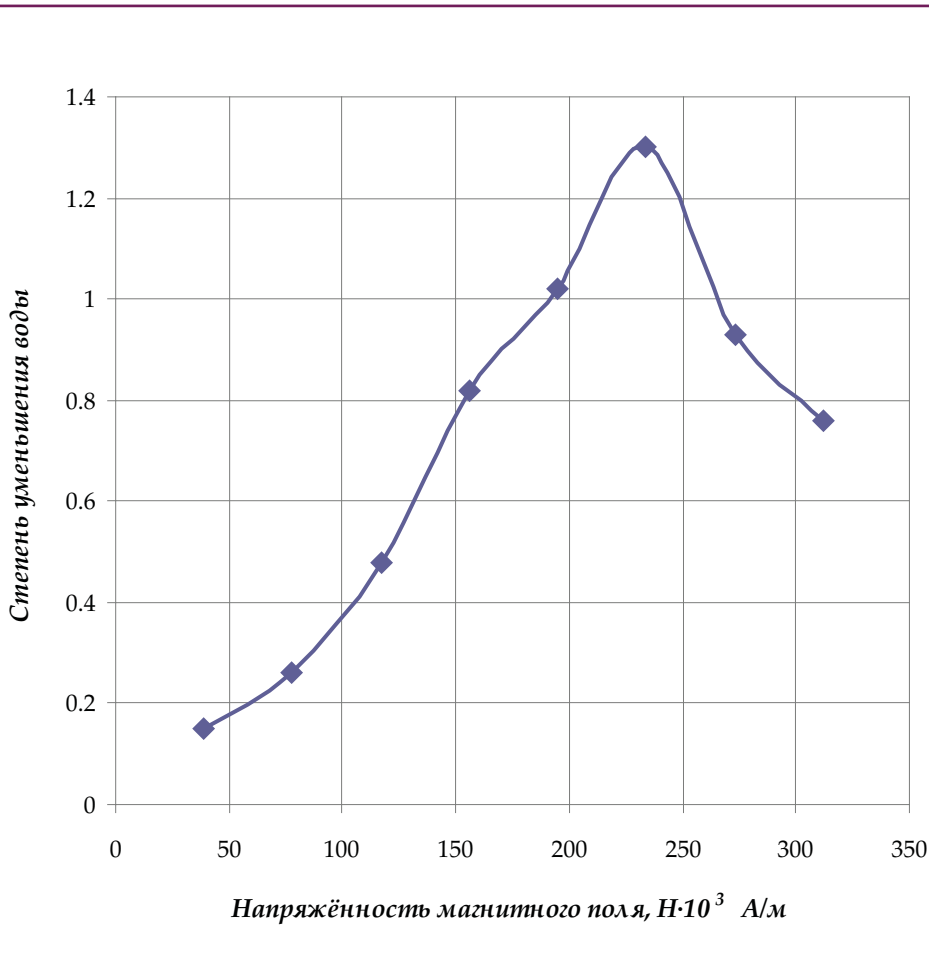


Рис.1. Зависимость степени уменьшения воды от напряжённости магнитного поля

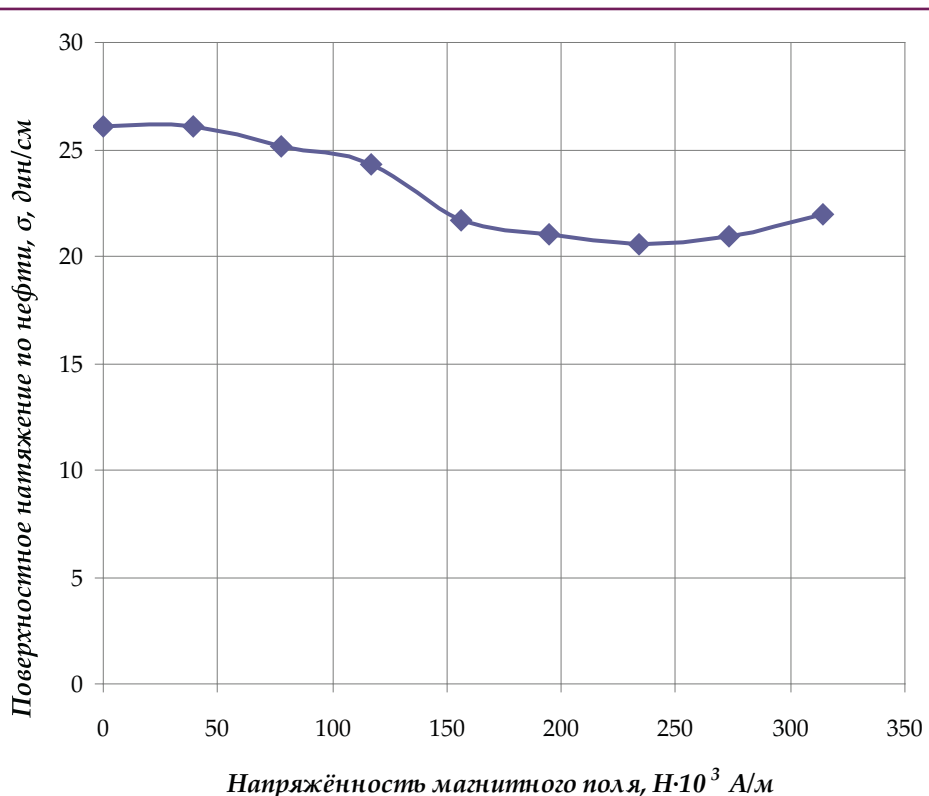


Рис.2. Зависимость поверхностного натяжения нефти от напряжённости магнитного поля

Известно исследование [5, 6], где изучено влияние магнитной обработки воды и различных систем на процесс вытеснения углеводородных жидкостей.

Кроме использования магнитных систем в нефтедобыче известна практика применения магнитных руд. Как известно, магнитные руды обладают особыми аномальными физическими свойствами. Наиболее важными свойствами магнитных руд (ферромагнитных частиц) являются намагничивание их в сильной магнитной среде и естественная остаточная намагниченность (ферромагнетизм). Эти свойства дают возможность использовать их при предотвращении пескопроявлений.

Как известно, наиболее эффективным и перспективным способом предотвращения пескопроявлений является создание гравийно-щелевых фильтров с набивкой из гранулированных ферромагнитных частиц. Напротив перфорированных частиц скважин устанавливается фильтр на которые насажены кольцевые постоянные магниты. Под воздействием поля постоянных магнитов гранулированный ферромагнетик притягивается к внешней поверхности щелевого фильтра, образуя равномерный и прочный защитный экран по всей толщине интервала перфорации [7].

Для предотвращения пескопроявления также использовалось создание в призабойной зоне непроницаемого и прочного барьера при помощи тампонажного материала с добавками ферромагнитных частиц [8].

Как известно, на поздних стадиях разработки и эксплуатации месторождений наблюдается рост обводненности продукции скважин. Сегодня в мире на добычу каждой тонны нефти приходится от 3 до 10 т попутно добываемой воды. Обводненность скважин повсеместно, в том числе и на месторождениях Азербайджана, растет, а на отдельных месторождениях доходит до 90% и выше. На старых площадях Азербайджанской Республики на 1 т нефти добывается 15 т воды. Это требует примене-

ния дорогостоящих технологий по ограничению водопритока. В некоторых случаях расходы на переработку попутно добываемой воды становятся сопоставимы со стоимостью добываемой нефти, что делает эксплуатацию скважин нерентабельной.

Кроме того, технологические мероприятия, проводимые для уменьшения доли воды в продукции скважины, одновременно приводят к уменьшению объемов добываемой нефти.

Учитывая вышеизложенное, разработана технология воздействия на призабойную зону пласта, позволяющая ограничить поступление воды с одновременным увеличением притока нефти из пласта. В основе предлагаемого метода лежит применение ферромагнитных частиц, взятых с Дашкесанского железорудного месторождения (магнетит, титано-магнетит, гематит и т.д.).

Предлагаемая нами технология основана на изменении свойств воды под воздействием магнитного поля, в результате которого скорость пластовой воды снижается, не мешая при этом продвижению нефти.

В результате исследований обнаружено, что под влиянием магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом и ферромагнитными частицами, физические свойства воды и её фильтрация в пористой среде имеют различный характер: до определённого значения напряжённости магнитного поля, с ростом её величины усиливается влияние на такие параметры структурно-механических свойств, как вязкость, поверхностное натяжение, начальное напряжение сдвига и другие, а затем это влияние уменьшается. Следовательно, для получения желаемого эффекта в пористой среде следует создавать магнитное поле с напряжённостью, близкой к экспериментально определенным значениям.

Исследования проводились на линейных моделях длиной 1.5 м, диаметром 0.04 м. Для создания модели пластов колонки заполняли гранулированным ферромагнетиком с определённой напряжённостью магнитного поля.

Подготовленную таким образом пористую среду насыщают пласто-

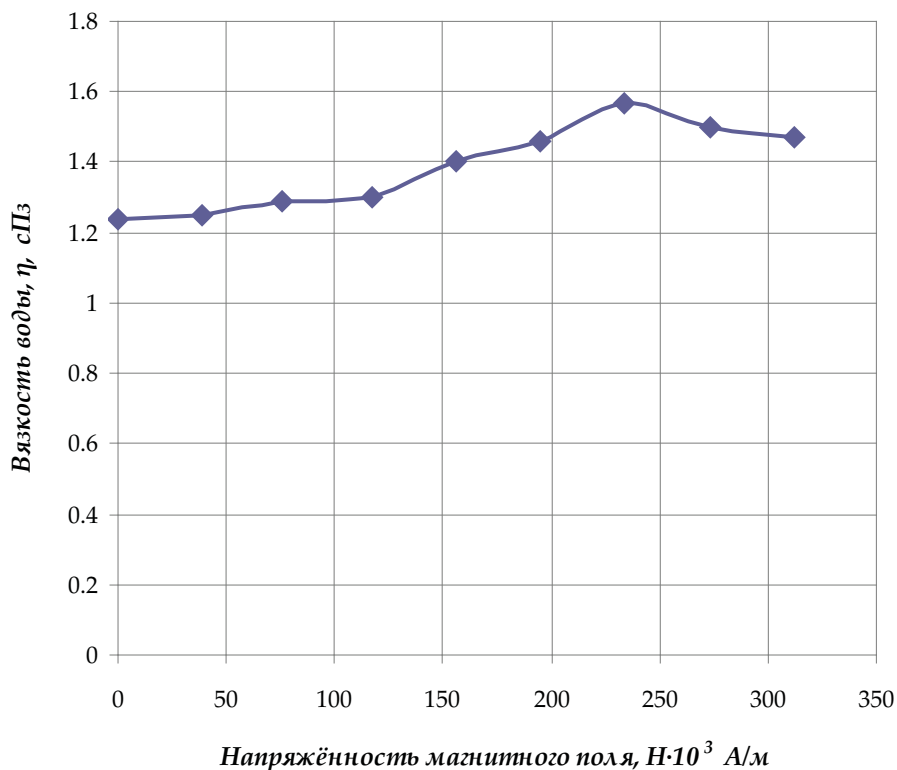


Рис.3. Зависимость вязкости воды от напряжённости магнитного поля

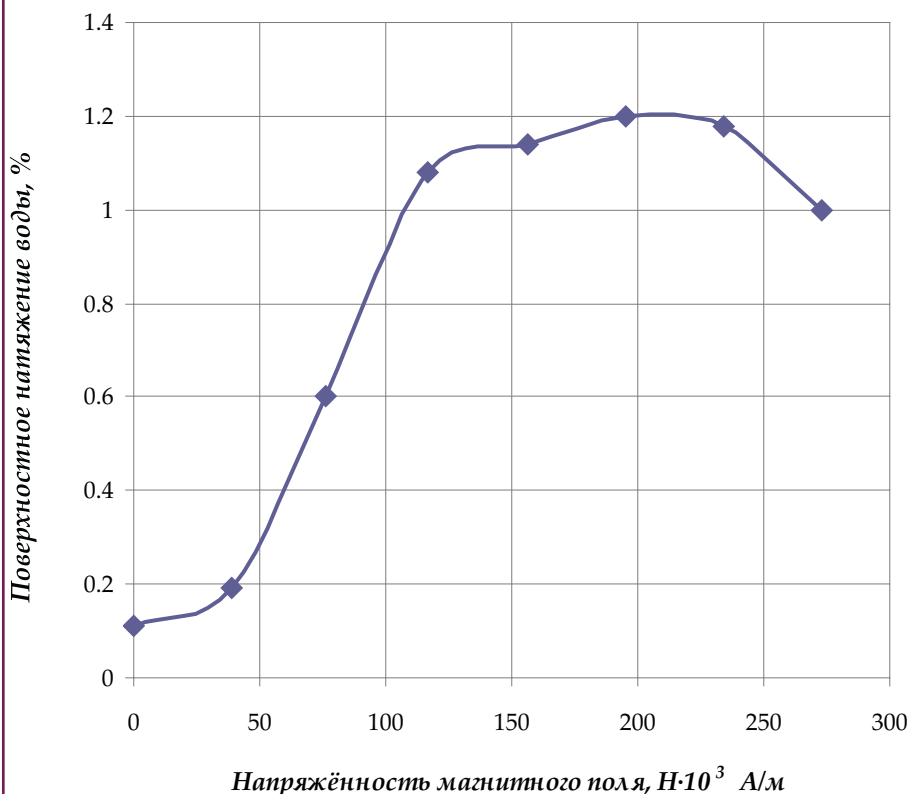


Рис.4. Зависимость поверхностного натяжения воды от напряжённости магнитного поля

вой водой и фильтруют до достижения установленного расхода при постоянном градиенте давления. После этого пластовая вода замещалась нефтью и определялась проницаемость по нефти и количество вытесненной воды под воздействием магнитного поля различной напряжённости и без воздействия магнитного поля.

Результаты исследования приведены на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, с увеличением напряжённости магнитного поля до  $234 \cdot 10^3$  степень снижения воды уменьшается, а дальнейшее увеличение напряжённости магнитного поля приводит к увеличению процента воды

Результаты экспериментальных исследований, свидетельствующие о влиянии магнитного поля на некоторые физические свойства воды, приведены на рисунках 2, 3.

Как видно из этих рисунков, поверхностное натяжение нефти сначала уменьшается, затем увеличивается. Увеличение напряжённости магнитного поля более  $312 \cdot 10^3$  не влияет на поверхностное натяжение воды.

Установлено, что под влиянием магнитного поля изменяется начальное напряжение сдвига ( $\tau_0$ ) воды. Если для пресной воды при увеличении напряжённости магнитного поля до  $234 \cdot 10^3$  начальное напряжение сдвига увеличивается до  $0.4 \text{ г/см}^2$ , то для пластовой воды это значение достигает  $0.6 \text{ г/см}^2$ .

Эффект увеличения дебита нефти скважины по предлагаемому способу обусловлен увеличением притока нефти за счёт создания трещин в процессе гидравлического разрыва и их заполнения высокопроницаемым гранулярным материалом.

В качестве гранулированного материала для создания магнитного поля используют ферромагнитную породу Дашкесанского железорудного месторождения.

Эксперименты показали [7, 9], что в связи с ярко выраженными ферромагнитными свойствами грануляров пластовая вода хорошо подвергается магнитной обработке. Пластовая вода при пребывании в магнитном поле приобретает значительный начальный градиент и даже при значительных, порядка несколько десятков атмосфер, перепадах давления находится в неподвижном состоянии. Это объясняется тем, что минерализованные, щелочные и жёсткие пластовые воды при фильтрации в магнитном поле приобретают значительный начальный градиент и снижается их подвижность. С помощью экспериментальных исследований выявлено, что дебит воды уменьшится в 1.2-1.3 раза, а также увеличится среднесуточный дебит нефти.

#### Выводы

1. Способ обработки призабойной зоны пласта, включающий создание в пласте сети трещин и заполнение их гранулярным материалом для создания постоянного магнитного поля напряжённостью  $(1.54 - 2.38) \cdot 10^4 \text{ А/м}$ .

2. В качестве гранулярного материала для создания магнитного поля используют ферромагнитную породу Дашкесанского железорудного месторождения.

3. Обработывая призабойную зону пласта указанным способом, можно добиться уменьшения дебита воды в 1.2 - 1.3 раза, а также повышения среднесуточного дебита нефти скважины.

#### Литература

1. Д.М.Агаларов. Магнитный способ борьбы с солеотложениями в нефтедобыче. Б.: Азернешр, 1981.

(D.M.Agalarov. Magnitniy sposob borby s soleotlojeniyami v neftedobiche. B.: Azerneshr, 1981)

2. В.И.Классен. Вода и магнит. М.: Наука, 1973.

(V.I.Klassen. Water and magnet. M.: Nauka, 1973)

3. В.И.Миненко. Магнитная обработка вододисперсных систем. Киев: Техшка, 1976.

(V.I.Minenko. Magnitnaya obrabotka vododispersnyh sistem. Kiyev: Tehshka, 1976)

4. Н.В.Илюшин и др. Магнитная обработка промысловых жидкостей. Уфа: ГИНТЛ "Реактив", 2000.

(N.V.Ilyushin i dr. Magnitnaya obrabotka promyslovyh jidkostey. Ufa: GINTL "Reaktiv", 2000)

5. А.М.Мамед-заде. Нанотехнологии в нефтедобыче. Б.: Марс-Принт, 2010.

(A.M.Mamed-zade. Nanotehnologii v neftedobiche. B.: Mars-Print, 2010)

6. А.М.Мамед-заде, Т.Ш.Салаватов. Применение физических полей для повышения нефтеотдачи пластов //1-я Международная научная конференция "Современные проблемы нефтеотдачи пластов". Москва. 2003.

(A.M.Mamed-zade, T.Sh.Salavatov. Primeneniye fizicheskikh poley dlya povysheniya nefteotdachi plastov //1-ya Mejdunarodnaya nauchnaya konferentsiya "Sovremenniye problemy nefteotdachi plastov". Moskva. 2003)

7. Ш.П.Казымов. К применению магнитов в нефтедобыче //Тематический сборник научных трудов "Усовершенствование техники и технологии разработки месторождений полезных ископаемых" -Баку. -1991. -С.62-65.

(Sh.P.Kazymov. K primeneniyu magnetov v neftedobiche //Tematicheskiy sbornik nauchnih trudov "Usovershenstvovanie tehnik i tehnologii razrabotki mestorojdeniy poleznyh iskopayemyh". -Baku. -1991. -S.62-65.)

8. *A.M. Xasayev, F.F. Ahmedov, M.Ə. Alsafarova.* Регулирование параметров цементного камня при креплении скважин и призабойной зоны // Азербайджанское нефтяное хозяйство. -1997. -№2. -С.19-21.

(*A.M. Khasayev, F.F. Ahmedov, M. Ye. Alsafarova.* Control over hydrated cement parameters when stabilizing producing formation and well casing and cementing // Azerbaijan oil industry. -1997. -№2. -P.19-21)

9. *A.M. Xasayev, E.M. Aliyev, I.Yu. Əfendiyev, Ş.P. Kazimov.* Способ обработки призабойной зоны пласта // А.С. СССР №1714100, 1992.

(*A.M. Hasayev, Ye.M. Aliyev, I.Yu. Efendiyev, Sh.P. Kazimov.* Sposob obrabotki prizaboynoy zony plasta // SU Patent №1714100, 1992)

### **Control of formation water inflow using ferromagnetic particles**

**Sh.P.Kazymov, F.F.Ahmed**  
("OilGasScientificResearchProject" Institute)

#### **Abstract**

Besides the application of magnetic systems, the practice of making use of magnetic rocks is known in oil production as well. The effect to increase a well flow rate by means of the proposed method is filling the cracks appearing during a hydraulic fracturing with high-conductive ferromagnetic gravel/propanant. Formation water gets an initial gradient influenced by a magnetic field and remains motionless as a result of high pressure drop.

### **Ferromaqnit hissəciklərinin istifadəsi ilə su axınının tənzimlənməsi**

**Ş.P.Kazımov, F.F.Əhməd**  
("Neftqazemitədqiqatlayihə" İnstitutu)

#### **Xülasə**

Maqnit sistemlərinin işlənməsindən başqa neftçixarmada maqnit süxurlarının istifadəsi təcrübəsi də məlumdur. Təklif edilən üsulla quyunun hasilatının artırılmasının effekti hidravlik yarıqla zamanı yaranan çatların yüksək keçiricili ferromaqnit çınqılla doldurulmasıdır. Lay suyu maqnit sahəsinin təsirindən ilkin qradiyentə malik olur və yüksək təzyiq düşküünün təsiri altında da hərəkətsiz vəziyyətdə qalır.