DOI: 10.24412/2076-6785-2023-2-13-16 УДК 550.8.052 I Научная статья

# О значении седиментационно-тектонических процессов для строения локальных поднятий в пространстве и времени

**Андреева Е.Е.[1], Баранова А.Г.[1], Хазиев Р.Р.[1], Валеева А.В.[2], Хайртдинов Р.К.[3], Ионов Г.М.[3]**
[1]ИПЭН АН РТ, Казань, Россия, [2]Институт «ТатНИПИнефть», Бугульма, Россия, [3]ЗАО «Предприятие Кара-Алтын», Альметьевск, Россия
aee8277@rambler.ru

## Аннотация
**В ходе работы построены и проанализированы структурные карты по поверхностям горизонтов нижнего и среднего карбона, а также карты изопахит локального поднятия одного из месторождений Татарстана. На изучаемом поднятии месторождения установлено три отдельных купола: северный, центральный и восточный. Для определения последовательности развития ряда поверхностей при построении палеоструктурных карт авторы использовали метод «изопахического треугольника», по построенным картам авторы получили информацию о подвижках, структурных формах и соотношении этих форм на разных этапах геологической истории.**

**Материалы и методы**
По данным каротажных диаграмм и заключений ГИС сняты значения абсолютных отметок кровли верейских, башкирских, тульских, бобриковских, турнейских и упино-малевских отложений. По снятым отбивкам построены структурные карты, а также карты изопахит между отложениями среднего и нижнего карбона. При помощи метода «изопахического треугольника» определена последовательность развития поверхностей кровли горизонтов на построенных структурных картах и картах изопахит.

**Ключевые слова**
изопахический треугольник, структурные карты, карты изопахит, каменноугольные отложения, пространственный анализ

**Для цитирования**
Андреева Е.Е., Баранова А.Г., Хазиев Р.Р., Валеева А.В., Хайртдинов Р.К., Ионов Г.М. О значении седиментационно-тектонических процессов для строения локальных поднятий в пространстве и времени // Экспозиция Нефть Газ. 2023. № 2. С. 13–16.
DOI: 10.24412/2076-6785-2023-2-13-16

**Поступила в редакцию:** 29.03.2023


UDC 550.8.052 I Original Paper

# On the significance of sedimentation-tectonic processes for the structure of local uplifts in space and time

**Andreeva E.E.[1], Baranova A.G.[1], Khaziev R.R.[1], Valeeva A.V.[2], Khairtdinov R.K.[3], Ionov G.M.[3]**
[1]IPEM TAS, Kazan, Russia, [2]Tatar Oil Research and Design Institute (TatNIPIneft) of TATNEFT PJSC, Bugulma, Russia, [3]"Kara-Altyn Enterprise" CJSC, Almetyevsk, Russia
aee8277@rambler.ru

## Abstract
**In the course of the work, structural maps were constructed and analyzed on the surfaces of the horizons of the lower and middle carboniferous, as well as maps of the isopachite local uplift of one of the deposits of Tatarstan. Three separate domes, northern, central and eastern, have been installed on the studied uplift of the deposit. To determine the sequence of development of a number of surfaces, when constructing paleostructural maps, the authors used the "isopachic triangle" method, according to the constructed maps, the authors received information about the movements, structural forms and the relationship of these forms at different stages of geological history.**

**Materials and methods**
According to logging diagrams and conclusions of well interpretation, the values of the absolute roof marks of the vereyan, bashkirian, tulian, bobrikovian, tournaian and upino-malevian sediments were removed. Structural maps, as well as isopachite maps between the deposits of the middle and lower carboniferous, were constructed from the removed chops. By using the "isopachic triangle" method, the sequence of the development of the roof surfaces of horizons on the constructed structural maps and isopachite maps is determined.

**Keywords**
isopachic triangle, structural maps, isopachite maps, carboniferous deposits, spatial analysis

**For citation**
Andreeva E.E., Baranova A.G., Khaziev R.R., Valeeva A.V., Khairtdinov R.K., Ionov G.M. On the significance of sedimentation-tectonic processes for the structure of local uplifts in space and time. Exposition Oil Gas, 2023, issue 2, P. 13–16. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2023-2-13-16

**Received:** 29.03.2023

## Введение

Палеотектонический анализ развития локальных структур и выявление благоприятных условий образования ловушек углеводородов является одним из важнейших инструментов освоения и разработки месторождений. Формационно-фациальный анализ позволяет в свою очередь выявлять благоприятные условия образования ловушек углеводородов неструктурного типа.

На начальном этапе формационного анализа выделялись геологические тела, представленные однотипными породами или взаимосвязанные совместным образованием, а далее определялись стратиграфические признаки и генезис, палеогеографические и палеотектонические условия их образования. В процессе работы предстоит построение набора структурных карт, а также карт толщин осадочных образований нижнего и среднего карбона.

Карты толщин в нефтяной геологии используются в самых различных целях. Это структурные кары, построенные методом схождения; карты нефтегазонасыщенных толщин, карты суммарных толщин коллекторов определенного горизонта.

Выделение формаций, а в их составе субформаций и фаций, наиболее интересно при изучении месторождений с целью выявления благоприятных условий для образования ловушек углеводородов неструктурного типа и их разработки.

Особый интерес представляют палеоструктурные карты, построенные как карты толщин. Интерпретация таких карт основана на представлении о компенсации погруженного дна бассейна осадконакоплением, а мощности отложений являются показателями интенсивности погружения, а значит, и наличия тектонических движений. Минимальные значения мощностей стратиграфического интервала — это древние приподнятые зоны; наоборот, повышенные мощности — это погруженные зоны. Тщательное изучение и корреляция разрезов позволяют в подавляющем большинстве случаев точно установить существование того или иного фактора или исключить его.

## Объект исследования

В качестве объекта исследования коллективом авторов выбрано одно из месторождений на территории Татарстана (по согласованию с недропользователем название месторождения не разглашается). Территориально месторождение приурочено к Альметьевском району РТ, в пределах западного борта Южно-Татарского свода (рис. 1).

На месторождении выявлено большое количество посттурнейских врезовых зон и зон замещений коллектора. В этой связи возникла необходимость в детальном изучении процесса формирования поднятий месторождения для организации эффективной системы поддержания пластового давления (ППД). Анализируя данные, можно наметить зоны влияния нагнетательных скважин на добывающие и по этим данным подобрать наиболее оптимальные варианты эксплуатации месторождения.

Данные бурения показывают, что каждая толща неоднородна в деталях, но сложена фациально близкими между собой образованиями. В связи с ритмичностью развития геологических процессов толщи пород периодически выводятся из-под уровня моря и подвергаются эрозии, но эрозионные формы редко встречаются в разрезе осадочных пород, т.к. в процессе последующего погружения они разрушаются интенсивным воздействием волн [2]. При этом разрозненные по площади и наиболее глубокие врезы сохраняются в Поволжье: это предтиманопашийские, преднижнекаменноугольные, предверейские несогласия. Месторождение, в пределах которого находится исследуемое поднятие, располагается на территории среднего Поволжья.

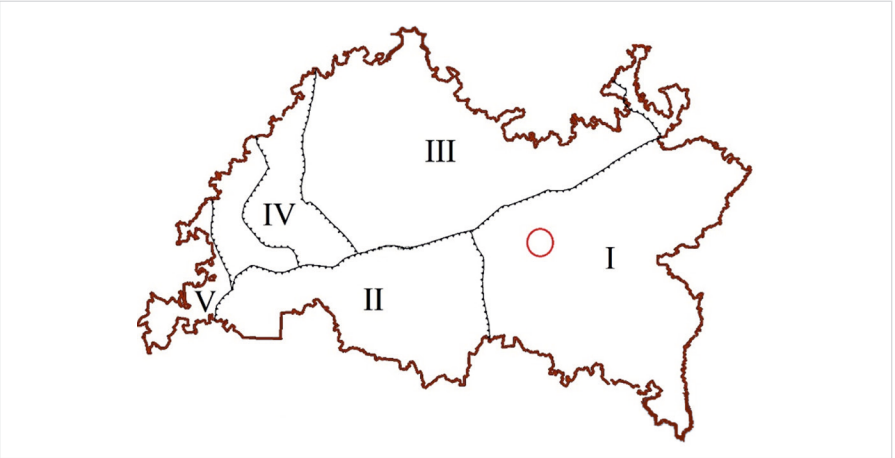


*Рис. 1. Тектоническая схема Республики Татарстан с примерным указанием лицензионного участка месторождения (красный круг). Масштаб 1:2 500 000. I — Южно-Татарский свод; II — Мелекесская впадина; III — Северо-Татарский свод; IV — Казанско-Кажимский прогиб; V — Токмовский свод*

*Fig. 1. Tectonic diagram of the Tatarstan Republic with an approximate indication of the license area of the oil field (red circle). Scale 1:2 500 000. I – South Tatar arch; II – Melekess depression; III – North Tatar arch; IV – Kazan-Kazhim trough; V – Tokmovian arch*

## Результаты и обсуждения

На изучаемом участке месторождения установлено три купола: центральный, северный и восточный. Ставится задача: определить, относятся ли купола к одному поднятию или к разным поднятиям.

Общепринято считать, что одной из причин изменения толщин является резкое изменение условий осадконакопления.

Для составления карт толщин выбраны границы между стратиграфическими комплексами, которые уверенно прослежены по результатам геофизических исследований в скважинах и увязаны с данными бурения. При построении карт использовались абсолютные отметки на скважинах, а в межскважинном пространстве при построении использовались данные сейсморазведки.

Для определения последовательности развития ряда поверхностей при построении палеоструктурных карт авторы использовали метод Е.Н. Пермякова и Ю.А. Каравашкиной, дополненный К.А. Машковым [1, 3–5]. Метод получил название «изопахического треугольника», он позволяет восстановить общий ход событий и на их фоне проследить те подвижки, которые вели к формированию локальных структур.

Набор карт, построенных в пределах одного поднятия, был сведен в общую схему и расположен в горизонтальных рядах. В таблице 1 приведен полученный изобарический треугольник карт для поднятия. Под номерами 1, 2, 3, 4, 5, 6 располагаются карты, отражающие современный структурный план упино-малевской толщи, турнейского яруса, бобриковского и тульского горизонтов, башкирского ярусов и верейского горизонта. Каждый горизонтальный ряд начинается со структурной карты соответствующего горизонта. Схема, полученная в результате всех построений, приобретает форму треугольника.

Если рассматривать карты, расположенные по диагонали от карт (6; 5; 4; 3), то можно проследить изменения условия залегания структурных поверхностей на одном временном отрезке (рис. 2).

6; 5.1; 4.2; 3.3; 2.4; 1.5
5; 4.1; 3.2; 2.3; 1.4
4; 3.1; 2.2; 1.3
3; 2.1; 1.2

Сопоставляя карты 5.1; 4.2; 3.3, авторы получили представление о соотношении структурного плана упино-малевского времени с вышележащими поверхностями. По этим картам можно судить, что купола поднятия уже существовали к концу упино-малевского времени. В течение последующего времени структурная форма поверхности пласта менялась. В нижнекаменноугольное время восточный купол погрузился и появился в туле, в башкирское время его амплитуда увеличилась. Между тем северный купол с крутым южным крылом и амплитудой 9 м возвышается на общем фоне и тяготеет к самостоятельности, что подтверждается вышележащими структурными поверхностями. Центральный купол появился также в упино-малевское время, сильно «пострадал» в турне, потерял амплитуду в туле, а в башкирское время возродился. Точно так же по другим диагональным рядам получено представление о соотношении структурных планов по турнейской поверхности по диагонали 4.1; 3.2; 2.3, по диагонали 3.1; 2.2; 1 бобриковской поверхности, а на картах 2.1; 1.2 видим предполагаемые планы тульской поверхности в последующие времена. По картам можно охарактеризовать развитие изучаемых объектов (6; 5; 4; 3; 2) и показать их структуроформирующие движения.

Из анализа карт по горизонтали отчетливо видно, как меняются структурные поверхности в геологическом времени.

1; 1.1; 1.2; 1.3; 1.4; 1.5
2.1; 2.2; 2.3; 2.4
3; 3.1; 3.2; 3.3
4; 4.1; 4.2
5; 5.1

Вертикальный ряд карт 5.1; 4.1; 3.1; 2.1 позволяет проследить характер тектонических подвижек на отдельных этапах времени от времени образования кровли упино-малевского пласта до конца турнейского времени, от конца турнейского — до конца бобриковского времени, от конца бобриковского — до конца башкирского времени и до верейского времени.

Как видно из рисунка 2, карты, отражающие современный структурный план кровель пластов, имеют некоторые несоответствия структурных планов.

Смена типов формаций в вертикальном разрезе свидетельствует о значительных изменениях тектонического режима и климата в отрезок геологической истории. Примером является смена терригенных угленосных формаций карбонатными.

*Табл. 1. Схема расположения карт (рис. 2)*
*Tab. 1. Map layout (fig. 2)*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Кровля верейского горизонта C2vr | 1.1. Кровля башкирского яруса к концу верейского времени | 1.2. Кровля тульского горизонта к концу верейского времени | 1.3. Кровля бобриковского горизонта к концу верейского времени | 1.4. Кровля турнейского яруса к концу верейского времени | 1.5. Кровля упино-малевского горизонта к концу верейского времени |
| 2. Кровля башкирского яруса C2bsh | 2.1. Кровля тульского горизонта к концу башкирского времени | 2.2. Кровля бобриковского горизонта к концу башкирского времени | 2.3. Кровля турнейского яруса к концу башкирского времени | 2.4. Кровля упино-малевского горизонта к концу башкирского времени | |
| 3. Кровля еульского горизонта C1tl | 3.1. Кровля бобриковского горизонта к концу тульского времени | 3.2. Кровля турнейского яруса к концу тульского времени | 3.3. Кровля упино-малевского горизонта к концу тульского времени | | |
| 4. Кровля бобриковского горизонта C1bb | 4.1. Кровля турнейского яруса к концу бобриковского времени | 4.2. Кровля горизонта к концу бобриковского времени | | | |
| 5. Кровля турнейского яруса C1t | 5.1. Кровля упино-малевского горизонта к концу турнейского времени | | | | |
| 6. Кровля упино-малевского горизонта C1up+ml | | | | | |

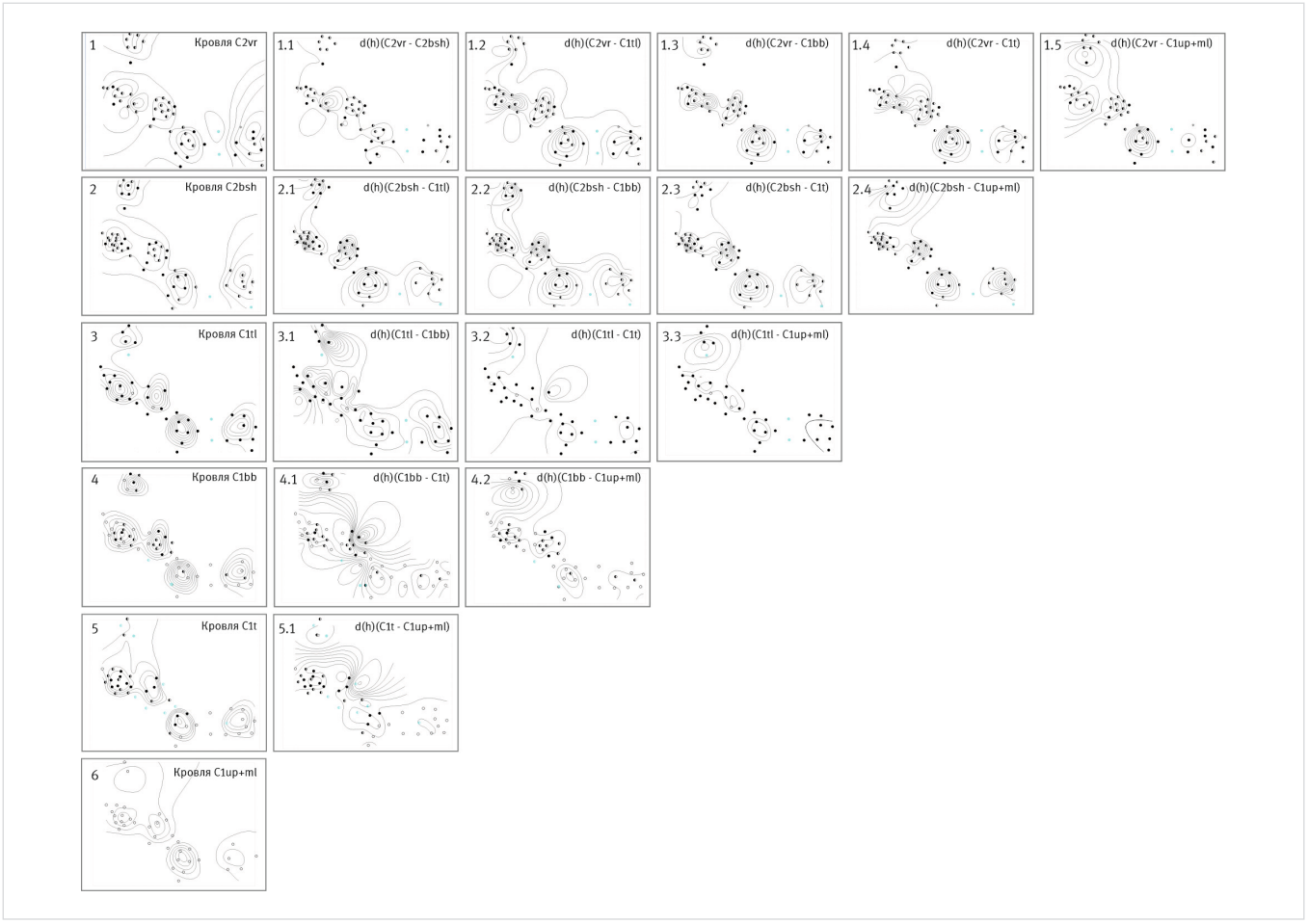


*Рис. 2. Структурные и палеоструктурные карты Ракашевского поднятия (табл. 1)*
*Fig. 2. Structural and paleostructural maps of the Rakashev uplift (tab. 1)*

Анализ всех карт мощностей и структурных поверхностей позволяет отнести изучаемые купола к разным поднятиям.

Метод, который был использован для построения комплекса карт, применен и для отдельного поднятия. Комплекс включает набор локальных палеоструктурных карт. Палеоструктурные карты можно использовать также для анализа развития региональных площадей, но в этом случае следует использовать осредненные данные толщин.

Применение этого метода связано с его доступностью и необходимостью развития методики тектонического анализа платформенных структур при поисках антиклинальных ловушек и приуроченных к ним месторождений нефти и газа.

**Итоги**

Благодаря изопахическому треугольнику карт авторы получили информацию о подвижках, структурных формах и соотношении этих форм на разных этапах геологической истории.

Метод построения палеоструктурных карт применим, по мнению авторов, как для отдельных локальных поднятий, так и для регионов с более широким диапазоном геологических особенностей их строения.

**Выводы**

Можно сделать вывод, что для отдельных локальных поднятий данный подход позволяет определить генезис, глубину и характерные особенности строения врезовых зон, наметить пространственные границы последних и наличие во врезах терригенных пластов коллекторов, наличие или отсутствие гидродинамических связей между вмещающими врезы карбонатными породами и терригенными коллекторами, залегающими во врезах.

Для региональных работ комплекс палеотектонических карт позволит определить наиболее важные тектоно-седиментационные процессы, определяющие разнообразие геологического строения на разных участках региона, размах дифференциальных тектонических движений, их влияние на перспективы нефтеносности территорий.

**Литература**


1. Белоусов В.В. Мощность отложений как выражение режима колебательных движений земной коры // Советская геология. 1940. № 2–3. С. 14–28.
2. Буров Б.В. Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. М.: ГЕОС, 2003. 402 с.
3. Гарецкий Р.Г., Яншин А.Л. Тектонический анализ мощностей // Методы изучения тектонических структур. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 115–166.
4. Машкович К.А. Метод палеотектонических исследований в практике поисков нефти и газа. М.: Недра, 1976. 221 с.
5. Ожгибесов В.П. Стратиграфические индексы общих, региональных и местных стратиграфических подразделений: Пермская система // Стратиграфия, палеонтология, палеогеография, геодинамика и минеральные ресурсы. 5–9 сентября 2011 г. 2011. С. 155–158.
6. Ожгибесов В.П. Палеоструктурный анализ. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2019. 44 с.


## ENGLISH

**Results**

According to the isopachic triangle of maps, we have received information about the movements, structural forms and the relationship of these forms at different stages of geological history.

The method of constructing paleostructural maps is applicable, in our opinion, both for individual local uplifts and for regions with a wider range of geological features of their structure.

**Conclusions**

It can be concluded that for individual local uplifts, this approach makes it possible to determine the genesis, depth and characteristic features of the structure of the cut zones, to outline the spatial boundaries of the latter and the presence of terrigenous reservoir layers in the cuts, the presence or absence of hydrodynamic connections between carbonate rocks containing the cuts and terrigenous reservoirs lying in the cuts.

For regional works, the complex of paleotectonic maps will allow us to determine the most important tectonic-sedimentation processes that determine the diversity of the geological structure in different parts of the region, the scope of differential tectonic movements and their impact on the prospects of oil-bearing territories.

**References**


1. Belousov V.V. Sediment power as an expression of the mode of oscillatory movements of the Earth's crust. Soviet geology, 1940, issue 2–3, P. 14–28. (In Russ).
2. Burov B.V. Geology of Tatarstan: Stratigraphy and tectonics. Moscow: GEOS, 2003, 402 p. (In Russ).
3. Garetsky R.G., Yanshin A.L. Tectonic analysis of capacities. Methods of studying tectonic structures. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1960, P. 115–166. (In Russ).
4. Mashkovich K.A. Method of paleotectonic research in the practice of oil and gas prospecting. Moscow: Nedra, 1976, 221 p. (In Russ).
5. Ozhgibesov V.P. Stratigraphic indices of general, regional and local stratigraphic units: Perm system. Stratigraphy, paleontology, paleogeography, geodynamics and mineral resources, Perm, 5–9 september 2011, Perm. State University. Perm, 2011, P. 155–158. (In Russ).
6. Ozhgibesov V.P. Paleostructural analysis: studies. Perm: Perm university press, 2019, 44 p. (In Russ).


**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ I INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**


**Андреева Евгения Евгеньевна,** старший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, ИПЭН АН РТ, Казань, Россия
**Для контактов: aee8277@rambler.ru**

**Баранова Анна Геннадьевна,** старший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, ИПЭН АН РТ, Казань, Россия

**Хазиев Радмир Римович,** научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, ИПЭН АН РТ, Казань, Россия

**Валеева Анна Валентиновна,** заведующий сектором института, «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, Бугульма, Россия

**Хайртдинов Руслан Камилевич,** заместитель генерального директора, главный геолог, ЗАО «Предприятие Кара-Алтын», Альметьевск, Россия

**Ионов Геннадий Михайлович,** начальник геологического отдела, ЗАО «Предприятие Кара-Алтын», Альметьевск, Россия

**Andreeva Evgeniya Evgenievna,** senior researcher at the laboratory of geological and ecological modeling, IPEM TAS, Kazan, Russia
**Corresponding author: aee8277@rambler.ru**

**Baranova Anna Gennadievna,** senior researcher at the laboratory of geological and ecological modeling, IPEM TAS, Kazan, Russia

**Khaziev Radmir Rimovich,** researcher at the laboratory of geological and ecological modeling, IPEM TAS, Kazan, Russia

**Valeeva Anna Valentinovna,** head of the sector, Tatar oil research and design institute (TatNIPIneft) of TATNEFT PJSC, Bugulma, Russia

**Khairtdinov Ruslan Kamilevich,** deputy general director, chief geologist, "Kara-Altyn Enterprise" CJSC, Almetyevsk, Russia

**Ionov Gennady Mikhailovich,** head of the geological department, "Kara-Altyn Enterprise" CJSC, Almetyevsk, Russia