

UDC 550.837.3

**EXPERIÊNCIA EM ESTUDOS GEOLÓGICOS DE PREVISÃO DE HIDROCARBONETOS
ANOMALIAS USANDO TESTE DE RESSONÂNCIA REMOTA
EQUIPAMENTOS DO COMPLEXO GEOFÍSICO "POISK"**

© N.I. Kovalev, G. A. Belyavsky, 2015

Instituto de Energia Nuclear e Indústria da Instituição de Ensino Superior Orçamentário do Estado Federal, Universidade Estadual do Norte.

Palavras-chave: equipamentos de controle remoto, ressonância magnética nuclear, testes de ressonância, átomos de referência, espectros atômicos.

É considerada a experiência de utilização dos equipamentos do complexo de sondagem profunda do subsolo. Terrenos "Busca" para busca remota e delimitação por método direto de áreas depósitos de hidrocarbonetos em profundidades de até 6.000 m. Utilizando os equipamentos do complexo Métodos de "pesquisa" de identificação, delimitação e preliminar avaliação expressa da adequação para o desenvolvimento industrial de depósitos identificados hidrocarbonetos medindo as profundidades dos hidrocarbonetos com equipamento remoto reservatórios, a porosidade das rochas neles. Trabalho prático confirma a possibilidade aplicação da busca remota desenvolvida para identificação de tipos de hidrocarbonetos e características das rochas reservatório antes da perfuração. Isto fornece uma escolha eficaz pontos para perfuração de poços exploratórios produtivos em profundidades de até 6 km.

Palavras-chave: equipamentos do complexo de testes de ressonância remota, ressonância magnética nuclear, espectros de informação e energia, átomos de referência, átomos espectros

Introdução. Baixa eficiência dos métodos geofísicos de busca de hidrocarbonetos e o alto custo do trabalho de perfuração e exploração, especialmente em grandes profundidades de perfuração, exige melhorar métodos operacionais remotos de exploração geológica. Integração vários métodos geofísicos, não tradicionais e aerocosmogeológicos permitem aumentar a probabilidade de determinar os limites dos contornos de depósitos ocultos (até 40-60%), o que melhora eficiência de perfuração [1]. Contudo, obter métodos de pesquisa remota para os mais importantes características geológicas das rochas reservatório (tipo e porosidade), capacidades úteis de hidrocarbonetos horizontes e áreas efetivas de anomalias continua a ser uma tarefa desafiadora, tornando difícil tomar a decisão de perfurar poços [2, 6]. Atualmente em teste piloto vários métodos remotos de exploração geológica na Rússia, Ucrânia, Canadá e outros países. Nenhum um desses métodos de exploração geológica, bem como métodos de sensoriamento remoto existentes A detecção da Terra a partir do espaço não pode determinar a porosidade das rochas reservatório, útil capacidades dos reservatórios e áreas efetivas de anomalias de hidrocarbonetos (HC). Especialistas do Laboratório de Pesquisa Científica YAKHI SevSU propuseram um método para obter essas características usando equipamento de teste de ressonância do complexo geofísico "Poisk", que utiliza Dados de sensoriamento remoto e resultados de medição de equipamentos móveis de campo remoto (peso de até 80 kg).

Metodologia de utilização do complexo geoholográfico remoto "Poisk" para a detecção e delimitação de depósitos de hidrocarbonetos são descritas em detalhes nos artigos [5,6,7].

A base do método para determinação remota profunda de áreas petrolíferas e tipos de rochas reservatórios saturados de petróleo usando equipamentos de campo do complexo Poisk encontram-se aplicação de geradores de radiação de microondas de frequência gigahertz para excitação ressonante átomos de substâncias em rochas permeáveis ao óleo e átomos de metais contidos em vários tipos de óleo [1, 6, 9, 10]. Identificação

remota (reconhecimento) de petróleo e rochas permeáveis a petróleo no subsolo O aterramento a profundidades de 6.000 m com a ajuda do complexo especificado é realizado usando fenômenos de ressonância de substâncias quando expostas à radiação de radiofrequência em átomos de elementos

(espectroscopia de RMN) que fazem parte de um tipo específico de petróleo ou de vários tipos de rochas. Para enviar radiação ressonante de radiofrequência a grandes profundidades, eles são usados geradores de radiação de microondas de frequência gigahertz com campo eletromagnético rotacional em canal de energia da radiação. As frequências de frequência são moduladas para a frequência operacional do gerador de microondas espectros de ressonância de átomos de elementos químicos de referência (Ni, V, C, P, S, etc.) e espectros de informação e energia (espectros integrados) de amostras de petróleo e rochas reservatório de diversas porosidades [1, 6, 10]. Espectros de ressonância (espectros de RMN) de átomos metais incluídos na composição das substâncias identificadas e selecionadas como referência os elementos são registrados em instalações de RMN na faixa de frequência de 60 a 250 MHz. As ressonâncias ressonantes são registradas diretamente de amostras de vários tipos de óleo. espectros de energia de informação de substâncias (espectros integrais) usando blocos de alta frequência de equipamentos de teste ressonantes incluídos no complexo Poisk [1, 6, 7, 11, 12]. As informações e

os espectros de energia das substâncias identificadas são transferidos para o trabalho portadores magnéticos ("matrizes de trabalho") e espectros atômicos de metais - para "testar" matrizes e são usados para excitação ressonante dessas substâncias nas entranhas da Terra (até profundidades de 6 km) por exposição a sinais modulados de um gerador de microondas [1, 2, 3, 11, 12]. Um conjunto de metais de "referência" que compõem vários tipos de petróleo foi previamente estudado por russos e Cientistas ucranianos [9, 10]. Para estabelecer elementos de referência no petróleo, utilizamos método de ativação de nêutrons para determinar a concentração de metais e não metais neles. Composição elementar de amostras e amplitudes de suas características espectrais integrais (espectros de medição de informação) foram registrados no banco de dados do complexo estacionário "Pesquisa" e foram utilizadas feições de reconhecimento de hidrocarbonetos e rochas reservatório de porosidade variada, ocorrendo em profundidades de até 6.000 m [8, 13].

Para configurar equipamentos e confirmar detecção remota, identificação variedades de petróleo ("leve", "espesso", "selado") e rochas reservatório antes de iniciar trabalho de campo em condições de laboratório, testes de equipamentos estacionários e portáteis equipamento do complexo Poisk para registro seletivo de amostras de petróleo e rochas (reservatórios de petróleo) de diferentes distâncias (25m e 50m). Ao mesmo tempo, ao regular limiar de sensibilidade do equipamento de medição consegue identificação seletiva cada elemento de referência ou tipo de amostras de petróleo e rocha localizadas próximas umas das outras (para confirmar a ausência de influência mútua) [6].

Razões para realizar pesquisas:

Durante vários anos, foram realizados testes dos equipamentos do complexo em conhecidos campos de petróleo e gás na Crimeia (campo de condensado de gás Tatyanskye, 2006) [3] e em seis poços de petróleo conhecidos do campo Vladislavskoye (Crimeia, 2007) [4]. Estudos experimentais confirmaram a alta eficácia do trabalho de pesquisa em delineamento e medição de profundidades de reservatórios de hidrocarbonetos.

Em 2009, foi realizado um exame do método remoto de busca de petróleo e gás no território EUA (Utah) com o envolvimento de um árbitro estadual independente em Utah. Foram identificados cinco locais, cada um com área de 25 km² (5x5 km). Essas áreas foram examinadas detalhadamente ao longo de cinco anos. métodos tradicionais de exploração (sísmica, elétrica, magnética, etc.) e Todos são avaliados como promissores para o desenvolvimento. No entanto, de acordo com os resultados da perfuração, 2 campos de petróleo em duas áreas e um campo de gás não comercial em uma. Em outro local (nº 1), a perfuração foi realizada naquela época a uma profundidade de 2,5 km. resultados exame de 10 locais utilizando o equipamento do complexo remoto "Poisk" com precisão coincidiu com os resultados da perfuração, inclusive na área nº 1 (após a conclusão da perfuração) [5].

Em 2008, foram concluídas com sucesso as obras de acordo com o "Programa 6" do Ministério dos Combustíveis e Energia Ucrânia: "Estudo remoto de acumulações de gás natural e condensado de gás em limites do depósito de minério de urânio Novokonstantinovskoye" (código "Gás"). Como resultado trabalho identificou grandes acúmulos de gás e condensado de gás sob Zona de minério de urânio Novokonstantinovskaya, limites específicos e volumes aproximados foram determinados acumulações de gás em profundidades de 2.350 a 2.450 m e condensado de gás em profundidades de 2.450 a 2.550 m. Foi estabelecido que o fluxo de gás e condensado de gás para corpos de minério de urânio ocorre ao longo de uma falha secante profunda. Em seguida, foram realizados trabalhos para confirmar os acúmulos hidrocarbonetos utilizando métodos tradicionais de exploração (Julho de 2009) e perfuração. Os dados confirmaram a presença de depósitos de hidrocarbonetos nas zonas submeridionais de intensa

esmagamento de rochas localizadas abaixo dos corpos de minério de urânio, o que confirmou a alta a eficácia da detecção de anomalias de hidrocarbonetos em várias estruturas geológicas.

Objectos de estudo, objetivos de investigação e métodos de trabalho. Previsão geológica

A pesquisa foi realizada a pedido de sociedades comerciais e sociedades de investimento em Crimeia (exame de poços no famoso campo de condensado de gás Tatyana), em Ucrânia (estudo das acumulações de gás no campo minado da mina de carvão Zasyadko), na Rússia (trabalhos semelhantes em 6 minas de carvão da Zarechnaya Management Company), nos EUA (estudo de anomalias gás de xisto em peças. Texas e o campo de petróleo no estado. Utah), na Indonésia (bloco de petróleo e gás "Brantas" em 5 áreas ($S = 3.500 \text{ km}^2$), das quais 3 estão na plataforma), na Austrália (bloco Cooper REL-105 (Cooper), com área superior a 1.100 km^2), na Crimeia (encomendado por "Chernomorneftegaz", Federação Russa) em Campo Povorotnoye, 2014. Na primeira etapa, o

trabalho foi realizado por meio de ferramentas de sensoriamento remoto por meio da decifração imagens de satélite usando tecnologia proprietária [1, 10, 11, 12].

Paralelamente, foram identificados os tipos de anomalia de hidrocarbonetos (petróleo, gás, petróleo e gás), os limites dos contornos da anomalia, as profundidades aproximadas de ocorrência reservatórios de hidrocarbonetos em anomalias.

Durante o período de trabalho de campo (etapa II) com equipamentos móveis instalados em veículos (ou embarcações flutuantes) foram feitas medições para determinar as seguintes características da ocorrência hidrocarbonetos em anomalias: -

- contornos de áreas efetivas de anomalias, profundidades (até 6.000 m) de hidrocarbonetos reservatórios em pontos de medição em seções geológicas profundas;
- capacidades úteis de reservatório, tipos de rochas reservatório de hidrocarbonetos e suas estimativas aproximadas porosidade (de 5% a 20%); -
- contornos de armadilhas de hidrocarbonetos (não mais que 2 por anomalia); -
- pressão do gás em anomalias; Com base nesses dados, foram selecionados e previstos pontos para perfuração de poços volumes de reservas em anomalias de hidrocarbonetos.

Com base nos materiais do relatório, o Cliente verificou os resultados do trabalho comparando-os com os disponíveis dados sísmicos (se disponíveis) ou conduziram pesquisas adicionais utilizando métodos tradicionais de exploração geológica próximos aos pontos selecionados para perfuração. Então foram realizados trabalhos de perfuração para detecção de anomalias e avaliação final dos resultados dos trabalhos.

Os principais objetivos do trabalho foram:

- 1) Determinação do tipo de rochas reservatório de hidrocarbonetos e sua porosidade nos hidrocarbonetos identificados anomalias;
- 2) Seleção de pontos para perfuração de poços em armadilhas de hidrocarbonetos, proporcionando produção industrial garantida de poços.
- 3) Determinação da área efetiva da anomalia de hidrocarbonetos localizada em estrutura geológica com a porosidade exigida das rochas reservatório (>7%).

Metodologia de trabalho: ÿ 1. Fase I.

Determinação de anomalias de hidrocarbonetos utilizando ferramentas de sensoriamento remoto por decodificação fotografias espaciais utilizando equipamentos estacionários utilizando tecnologias radioquímicas (visualização dos limites dos contornos das anomalias). Escolha

anomalias promissoras para exame detalhado. ÿ 2. Etapa II. Trabalho de campo: a) clarificação dos limites

- dos contornos das anomalias e identificação de áreas efectivas; b) medir profundidades e espessuras de reservatórios de hidrocarbonetos em pontos localizados em seções geológicas; c) identificação das rochas reservatório e determinação da sua porosidade; e) determinação dos limites das armadilhas de hidrocarbonetos; f) cálculo das reservas previstas de hidrocarbonetos; g) seleção de pontos para perfuração de poços. ÿ 3.

Confirmação de resultados usando métodos tradicionais de exploração geológica nas proximidades pontos selecionados para perfuração de poços, depois perfuração de um poço exploratório e avaliação de resultados.

A interpretação das fotografias espaciais foi realizada utilizando tecnologias radioquímicas [1, 5, 6, 7, 13] visualizando os limites (contornos) de áreas com anomalias de hidrocarbonetos. Esses limites foram esclarecidos em campo usando equipamentos móveis e receptores GPS e depois plotados em um mapa da área de busca. O método de delineamento é semelhante aos métodos de controle remoto aeroespacial existentes sondagem terrestre (ERS), no entanto, a probabilidade de identificar tipos de rochas reservatório e anomalias de hidrocarbonetos usando equipamentos de campo do complexo Poisk aumentam acentuadamente (até 95-97%) [5, 6, 11, 12, 13].

Em condições de campo, um sinal modulado usando uma antena altamente direcional de bloco de alta frequência do gerador de microondas através do canal de energia ou "ionização" é direcionado em um determinado ângulo profundamente na Terra para ressonância remota perturbações dos átomos do elemento de referência ou de toda a substância identificável que se encontra sobre ele. profundidades de até 6.000m [1, 5, 6, 7, 11]. Neste caso, um fraco campo eletromagnético de alta frequência característico de cada tipo de petróleo e rochas. Cada campo eletromagnético característico é registrado sequencialmente por um sensor sensível um dispositivo receptor sintonizado na frequência de ressonância de um átomo de referência específico elemento ou espectro integral de uma substância (petróleo, rocha reservatório), que lhes fornece identificação seletiva em diferentes profundidades [1]. Profundidade do reservatório medido por cálculos geométricos usando a tangente do ângulo de inclinação da antena e o medido perna, ou seja, distância do gerador até a ponta das anomalias (Fig.-1, Fig.-2).

Resultados do trabalho. Em todos os casos, como as características de reconhecimento das variedades petróleo, a composição quantitativa dos metais de referência neles foi aceita, e para confiabilidade para identificar óleo "selado" ou anomalia "não comercial", foram utilizados 4 parâmetros adicionais: a) ausência de tampa de gás no reservatório contendo óleo; b) tipo rochas reservatório de petróleo; c) o valor da porosidade da rocha; d) falta de dinâmica de movimento fluidos de formação para a anomalia do óleo. A anomalia de gás não industrial foi determinada por tipo de rochas de reservatórios saturados de gás e sua baixa porosidade, bem como baixa pressão gás e capacidade significativa do coletor eficiente. Para identificar os tipos de rochas em reservatórios petrolíferos, as mais estudadas rochas que ocorrem com maior permeabilidade a petróleo e gás - barreira de recifes, conglomerados, arenitos de granulação grossa e fina, calcários fraturados, siltitos, depósitos de seixos e rochas cristalinas clásticas. Porcentagem de metais e específicos os elementos (de referência) em cada rocha variam significativamente, o que garante sua seleção identificação [1, 5, 6].

Ao identificar formações com óleo móvel, a espessura da tampa de gás variou de 15 m até 5 m (a pressão do gás é de 20,0 a 40,0 MPa). Isto foi registrado de forma confiável em pontos medições perto de poços conhecidos na Mongólia, Bloch X South Torhom, EUA (Utah, Orem), bem como nas instalações petrolíferas da Ucrânia (Crimeia), na Indonésia (bloco Brantas, em 3 poços) e na Austrália (bloco Cooper, poço Piri-1) [3, 4, 6, 7]. A pressão do gás nas anomalias de gás e nas tampas de gás dos reservatórios de petróleo foi determinada usando usando equipamento de teste de ressonância e espectros de reconhecimento de amostras gás registrado em matrizes de "teste" em diferentes pressões de gás em amostras (conjunto de teste variou de 5,0 MPa a 60,0 MPa com uma faixa de pressão de 2,5 MPa).

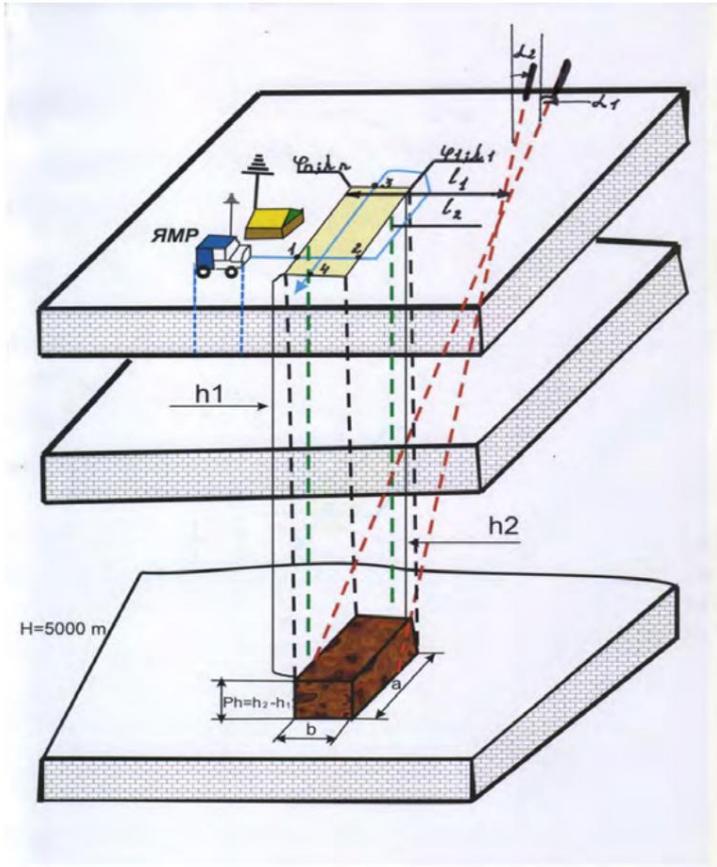


Figura 1. Método para delimitar uma área e determinar as profundidades dos horizontes das manifestações de petróleo utilizando equipamento de RMN de ressonância de campo do complexo Poisk: L_1 e L_2 - distância do gerador de micro-ondas às linhas receptoras distantes e próximas; a , b - dimensões (área) dos depósitos; h_1 e h_2 - profundidade de ocorrência das partes superior e inferior dos depósitos; $Ph = h_2 - h_1$ - espessura

* L_1 , L_2 - distância do gerador de micro-ondas às linhas receptoras distante e próxima; * a , b - dimensões (área) dos depósitos; * h_1 , h_2 - profundidade de ocorrência dos horizontes superior e inferior dos depósitos; * $Ph = h_2 - h_1$ - poder horizonte $h_2 - h_1$ dos depósitos; * γ_1 , γ_2 - ângulo de inclinação ($^\circ$) do feixe de micro-ondas até os limites dos horizontes inferior e superior do c

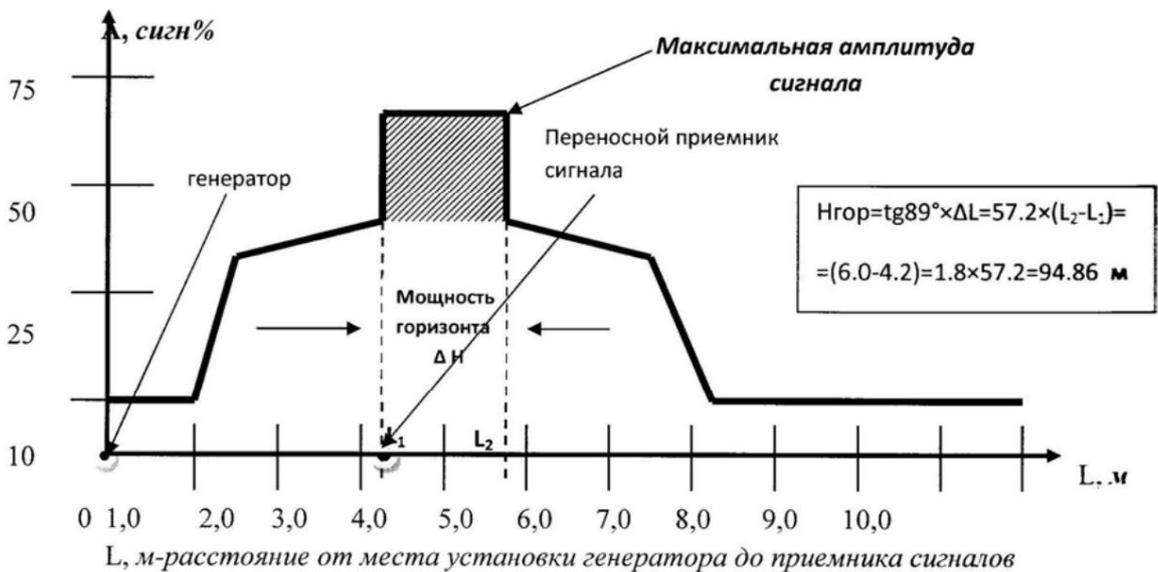


Figura 2. Mudança na amplitude do sinal do receptor durante a excitação ressonante do local de petróleo a uma profundidade de ~3760 m. L é a distância do local de instalação do gerador ao receptor do sinal.

Registro remoto por equipamentos de campo dos principais tipos de rochas permeáveis ao óleo permite obter dados primários sobre os valores aproximados dos coeficientes efetivos porosidade das rochas reservatório necessária para uma avaliação rápida das reservas de petróleo e para confirmação de aflúências garantidas em poços de petróleo. Pontos recomendados em poços de perfuração foram selecionados em armadilhas de hidrocarbonetos.

As profundidades dos horizontes úteis e sua espessura foram determinadas a partir de método desenvolvido [1, 6, 7] (Fig. 1). Neste caso, o sinal de uma antena altamente direcional estava indo em direção à Terra em um ângulo de 1° . A profundidade foi calculada com base na tangente do ângulo e distância do gerador aos limites conhecidos dos contornos da anomalia. Amplitude máxima o sinal de recepção foi recebido na área onde o sinal atingiu diretamente a anomalia (Figura

2). As armadilhas de hidrocarbonetos foram identificadas por uma mudança brusca nas profundidades de ocorrência e aumento na espessura do reservatório. Usando este método, elaboramos: a) construção perfis de profundidade com passo de medição de 150-200 m; b) técnicas de construção de distância colunas profundas com parâmetros detalhados de horizontes efetivos em ângulos de inclinação Antena de 2° , que possibilitou determinar áreas específicas no reservatório do horizonte com uma antena móvel óleo (recuperável) (com base nas amplitudes máximas do sinal em um intervalo de profundidade específico).

Assim, é possível construir perfis de profundidade (2D) e perfis de profundidade núcleos em pontos selecionados para perfuração de poços. Nas colunas profundas do local (Fig. 3) a espessura dos horizontes úteis com óleo móvel (do qual é possível obter influxos industriais em poços), eles são significativamente menores do que a capacidade de saturados de petróleo rochas reservatório.



Figura 3. Coluna profunda no ponto de medição (Utah, EUA). Espessura total dos reservatórios de petróleo $H=h_1+h_2=70m$; espessura total de rochas saturadas de óleo – 140 m

Um dos parâmetros importantes para avaliar aflúências em poços de petróleo é a dinâmica migração de fluidos de formação para o reservatório de petróleo e o caminho de sua migração de e para a anomalia. A dinâmica da migração de hidrocarbonetos foi determinada pela amplitude do sinal do receptor, a direção migração - através de uma série de medições (6 vezes) em um ponto. Neste caso, a antena do dispositivo foi instalado em um ângulo de 15° e em cada medição girado em um ângulo de 45° . Foi assumido que a amplitude máxima do sinal ressonante no ponto de medição indica migração hidrocarbonetos em direção ao operador, mínimo - para migração do operador,

coincidindo com a direção da antena do dispositivo. Erro ao determinar a direção da migração dos hidrocarbonetos podem ser $\pm 15-20^\circ$. Esses dados são importantes na determinação de zonas "desconsolidadas" (fraturadas) nas rochas, o que possibilita a busca por lentes de óleo nessas rochas. zonas

Um exemplo de determinação e consideração de rotas de migração de hidrocarbonetos ao selecionar pontos para perfuração poços no campo de condensado de gás Tatyana são mostrados na Fig. 4. É claro que fluxos máximos em poços de gás e em poços com condensado de gás podem ser obter se os poços estiverem dentro dos limites dos "fluxos migratórios" correspondentes fluidos" (dentro dos limites das rochas reservatório porosas - arenito de granulação média). é confirmado por afluições em poços perfurados [4]. Foi então confirmado para todos trabalho concluído.

Obviamente, conhecendo os limites das rochas reservatório porosas, é possível selecionar corretamente os pontos para perfurar poços para explorar um depósito de hidrocarbonetos.

8

Os dados obtidos de registro de todos os parâmetros usando controle remoto equipamento de campo permite calcular (avaliação expressa) os volumes extraídos reservas com um erro de 30-40%, e também aumentam significativamente a eficiência da perfuração (95-9%).

É realizada uma avaliação expressa da adequação de um local de depósito para o desenvolvimento industrial calculando as reservas previstas usando fórmulas conhecidas. Dados sobre áreas de hidrocarbonetos anomalias são retiradas do mapa da área de pesquisa. Neste caso, apenas a área efetiva é levada em consideração uma anomalia localizada naquela parte da estrutura geológica onde a porosidade das rochas reservatório é $>7-10\%$. Isto permite um cálculo mais realista das reservas previstas de hidrocarbonetos em anomalias. A profundidade dos horizontes produtivos (camadas de petróleo) é determinada por seções de profundidade e colunas de profundidade de cada horizonte. Outras correções os coeficientes são calculados dependendo de quais tipos de rochas contendo petróleo e gás identificados em reservatórios. Se os dados geológicos (núcleos) obtidos de áreas mais próximas da área pesquisada, a avaliação rápida das reservas é bastante simplificada depósitos, à medida que os dados sobre a saturação de petróleo dos reservatórios se tornam mais confiáveis.

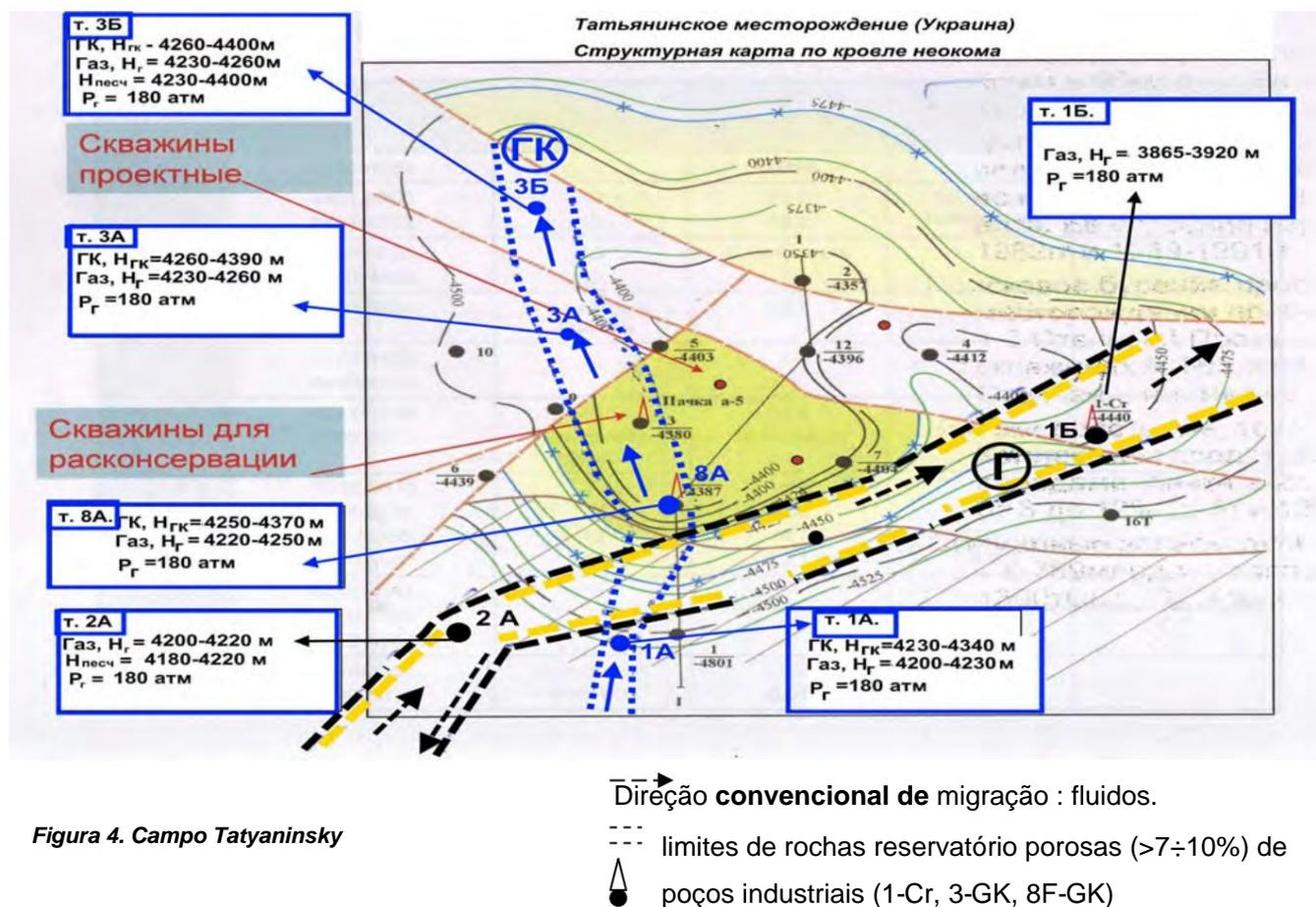


Figura 4. Campo Tatyansky

O método de busca remota utilizando equipamentos do complexo Poisk pode ser usado em conjunto com métodos geofísicos e outros de exploração e identificação de reservatórios saturados de petróleo, por exemplo, com métodos geoeletricos de pesquisas "diretas" [1, 6, 7] ou sísmicas. Os resultados do exame do poço no campo de

condensado de gás Tatyana são mostrados na Fig. Está comprovado que na "armadilha" existem zonas de maior porosidade das rochas reservatório (em na forma de 2 "riachos" em profundidades diferentes). Poços que caem nessas áreas de maior migração gás - fornecem fluxos de gás industrial, e o restante não tem importância industrial.

Foram realizadas diversas obras utilizando a utilização conjunta de dois complexos - remoto equipamento "Pesquisa" e equipamento geoeletrico do Instituto de Problemas Aplicados de Ecologia, Geofísica e Geoquímica (IPPEGG NAS da Ucrânia) (Ucrânia - gás, condensado de gás (mina Novokonstantinovskaya); gás, petróleo - campo minado da mina de carvão que leva seu nome. A.F. Zasyadko; Mongólia — petróleo, gás (bloco X South Torhom) [6, 7, Fig. 5].

O trabalho realizado mostrou grandes perspectivas de prospecção de trabalhos durante a integração dois métodos de pesquisa remota desenvolvidos pela Academia Nacional de Ciências da Ucrânia, SNUYAEiP e tradicional pesquisar

[8]. Ao examinar o campo minado da mina de carvão Zasyadko (Fig. 5), descobriu-se que ele é atravessado de oeste para leste por 3 falhas geológicas de "canal" com aumento pressão do gás neles e uma de norte a sul [8].



Figura 5. Contornos de anomalias geoeletricas da ATZ e limites de "canais" permeáveis a gás em mapa topográfico da seção de distribuição de mineração da mina de carvão A.F. Zasyadko [17].

Áreas verticais permeáveis a gases ("colunas de descompressão de rocha" verticalmente) estavam localizadas fora do campo minado (1÷1,5 km antes de sua fronteira) e estavam localizadas em cada um dos 3 falhas ("canais"). A migração do gás ocorreu através de todos os "canais" de oeste para leste, o que forneceu uma certa pressão de gás em cada canal. A largura dos "canais"

variava de 40 a 80 m. Cada "canal" tinha 4 horizontes permeáveis a gás representando arenito de granulação média fraturado

(porosidade >12%), localizado em cada canal em profundidades de 410 m a 1690 m. A espessura dos horizontes contendo gás variou de 20 a 80 m, o excesso de pressão de gás nos horizontes (dependendo das profundidades) variou de 16 kgf/cm² (horizonte superior de 160 kgf/cm² (horizonte inferior)). Os horizontes de gás estavam localizados sob camadas de carvão. A principal fonte de gás de alta pressão estava localizada fora do campo minado (a 5 km dele). O gás dele entrava o campo minado através de 3 falhas que cruzam o campo minado. Além disso, a distribuição do gás no “canal” sob as camadas de carvão ocorreu desde o horizonte inferior (1690 m) com alta pressão de gás (230 kgf/cm²) até o horizonte superior (16 kgf/cm²) ao longo de uma seção vertical comum permeável a gases da “coluna” com profundidade de 1690 m até profundidade de 410 m (Fig. 6).

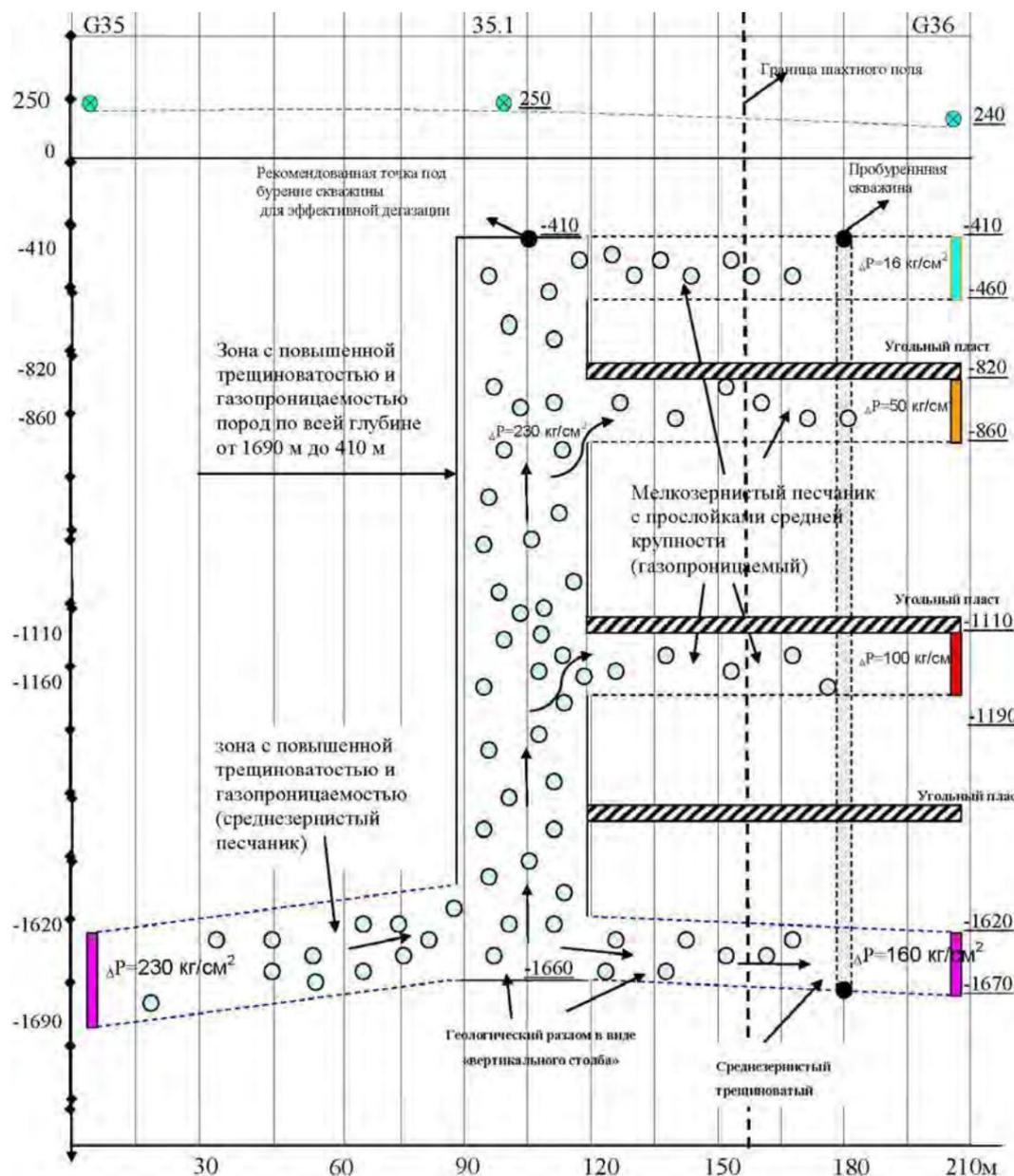


Figura 6. Seção de profundidade 035-036 do canal de gás no campo minado de uma mina de carvão.

A uma distância de ~5 km a oeste do campo minado, foi identificado um grande depósito contendo gás (diâmetro ~4 km) com uma pressão de gás de 350 kgf/cm², a partir do qual os “canais” de fluxo de gás sob as camadas de carvão originadas. À medida que nos aproximávamos do campo minado, a pressão do gás nos reservatórios contendo gás diminuiu (estrangulada para 230 kg/cm²). Uma análise dos locais de acidentes de minas com explosões (e mortes) de metano mostrou que as explosões ocorreram durante o desenvolvimento de camadas de carvão acima de “canais” contendo gás (falhas) com alta pressão de gás neles (>50 kgf/cm²).

Um poço perfurado no “canal-1” de gás norte em todos os 4 horizontes confirmou a presença de influxos de gás de hidrocarbonetos naturais (e não de “carvão”) com o correspondente

pressões de gás significativamente mais altas ($P_{4\dot{y}160}$ kgf/cm²) pressões de gás em camadas de carvão (geralmente 5-10 kgf/cm²). Que. foram confirmados dados da determinação remota dos parâmetros dos “canais” de gás (coletores), sua profundidade e pressão do gás neles.

Conseqüentemente, se perfurarmos poços de desgaseificação directamente em “pilares” ou “canais” verticais permeáveis ao gás, isto reduzirá drasticamente a pressão global do gás que se aproxima do campo minado, o que significa que a situação sob as camadas de carvão em todo o campo minado irá melhorar.

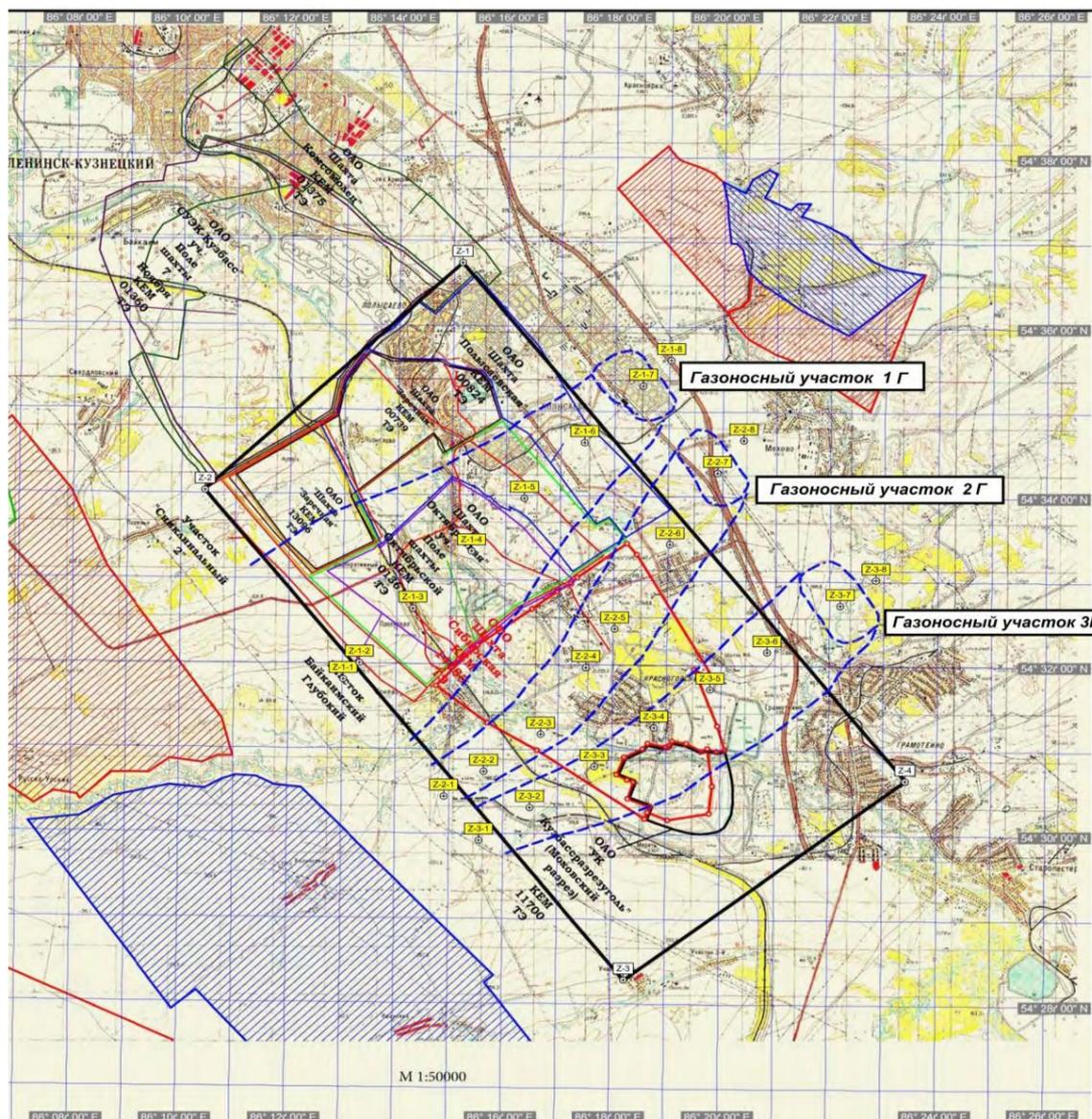


Figura 7. Limites das anomalias de gás identificadas no território dos lotes mineiros das minas de carvão Polysaevskaya, Zarechnaya, Oktyabrskaya e Sibirskaya (S=99 km²).

É vantajoso utilizar o gás desse poço com afluência industrial e pressão de 160 kg/cm² para as necessidades técnicas da cidade, em vez de desgaseificá-lo no sistema operacional. Uma imagem semelhante foi revelada em várias minas russas (Fig. 7, Fig. 8). Foram dadas recomendações para a perfuração de poços de desgaseificação em “reservatórios” contendo gás com alta pressão de gás, o que pode reduzir significativamente o risco de gás em todo o campo

minado. Trabalho semelhante realizado em 5 minas de carvão na Rússia confirmou uma situação semelhante na presença de vários “canais” de fornecimento de gás com alta pressão de gás > 350 kg/cm² sob camadas de carvão de fontes localizadas em grandes profundidades e

localizado fora dos campos minados.

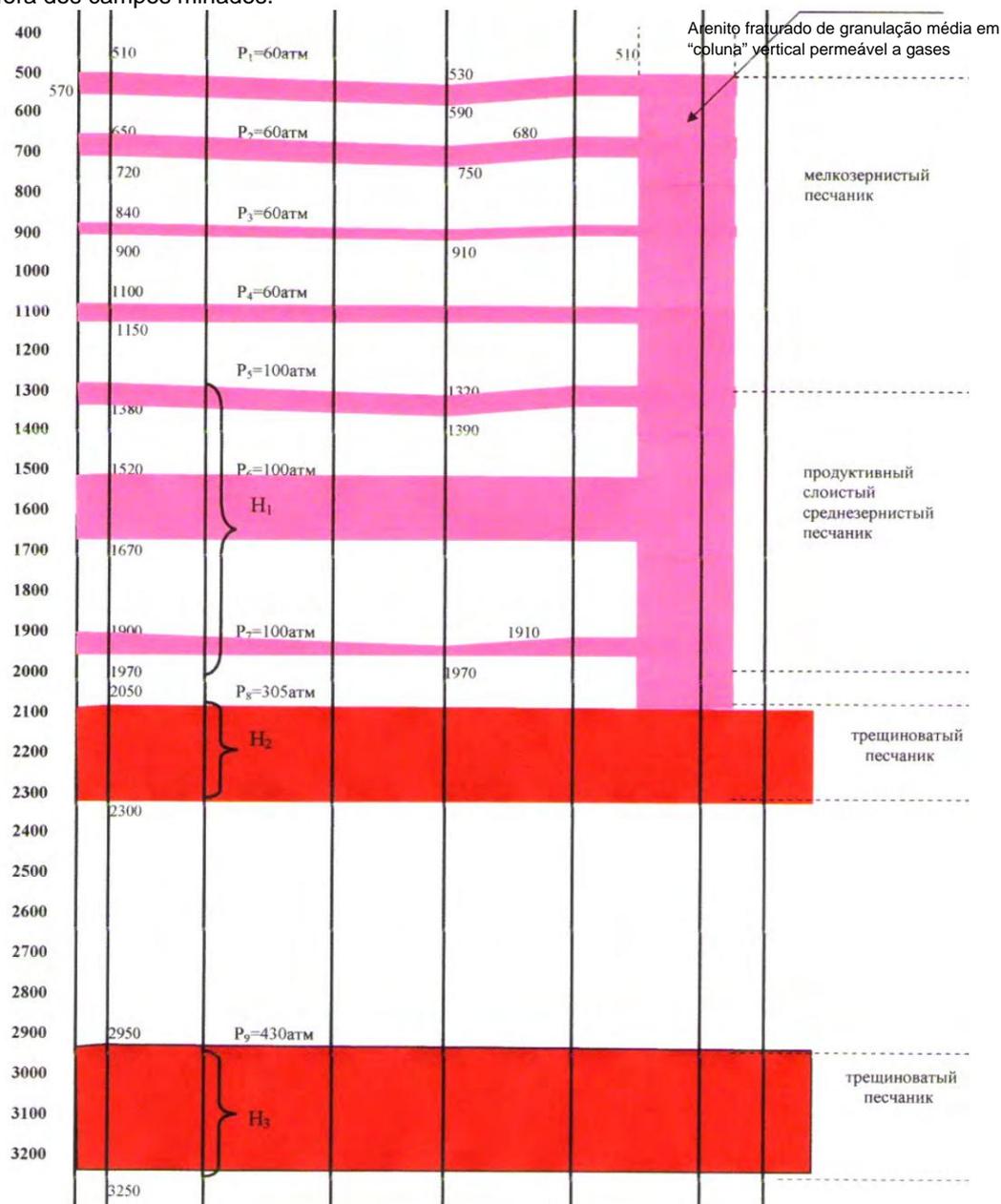


Figura 8. Perfil de profundidade da seção de gás nº 1G no campo minado (Mina Zarechnaya, Rússia).

Altas pressões de gás sob camadas de carvão foram registradas em profundidades de ≈ 500 m. Acumulações de gás com alta pressão (>50 kg/cm²) representam um grande perigo quando realizando operações de mineração, porque ao abrir jazidas de carvão perto de tais acumulações há uma liberação instantânea de grandes volumes de mistura de gases no ambiente ar-oxigênio deriva, o que leva a uma explosão volumétrica com grande força destrutiva.

O trabalho realizado durante o exame de 5 trechos do bloco Brantas (Indonésia) confirmou que anomalias de hidrocarbonetos podem não ocupar toda a área do promissor estrutura geológica (que é bem identificada pela sísmica), mas apenas aquela parte dela, em em que as rochas reservatório apresentam alta porosidade ($>10 \div 12\%$). Isto foi confirmado por 16 poços de perfuração mal sucedidos (vazios) anteriormente concluídos pelo Cliente em campos de hidrocarbonetos armadilhas (de acordo com dados sísmicos) e 3 poços de perfuração bem sucedidos (2 de petróleo e um de gás), feitos em anomalias com rochas reservatório com porosidade de 15-25%. Isso permitiu com base em resultados de medição usando equipamento de campo de um complexo remoto

“Pesquisar”, obter novos dados sobre a seleção de pontos para perfuração de poços em terra e prateleira, e também calcular as reservas previstas de petróleo e gás (Fig. 9).

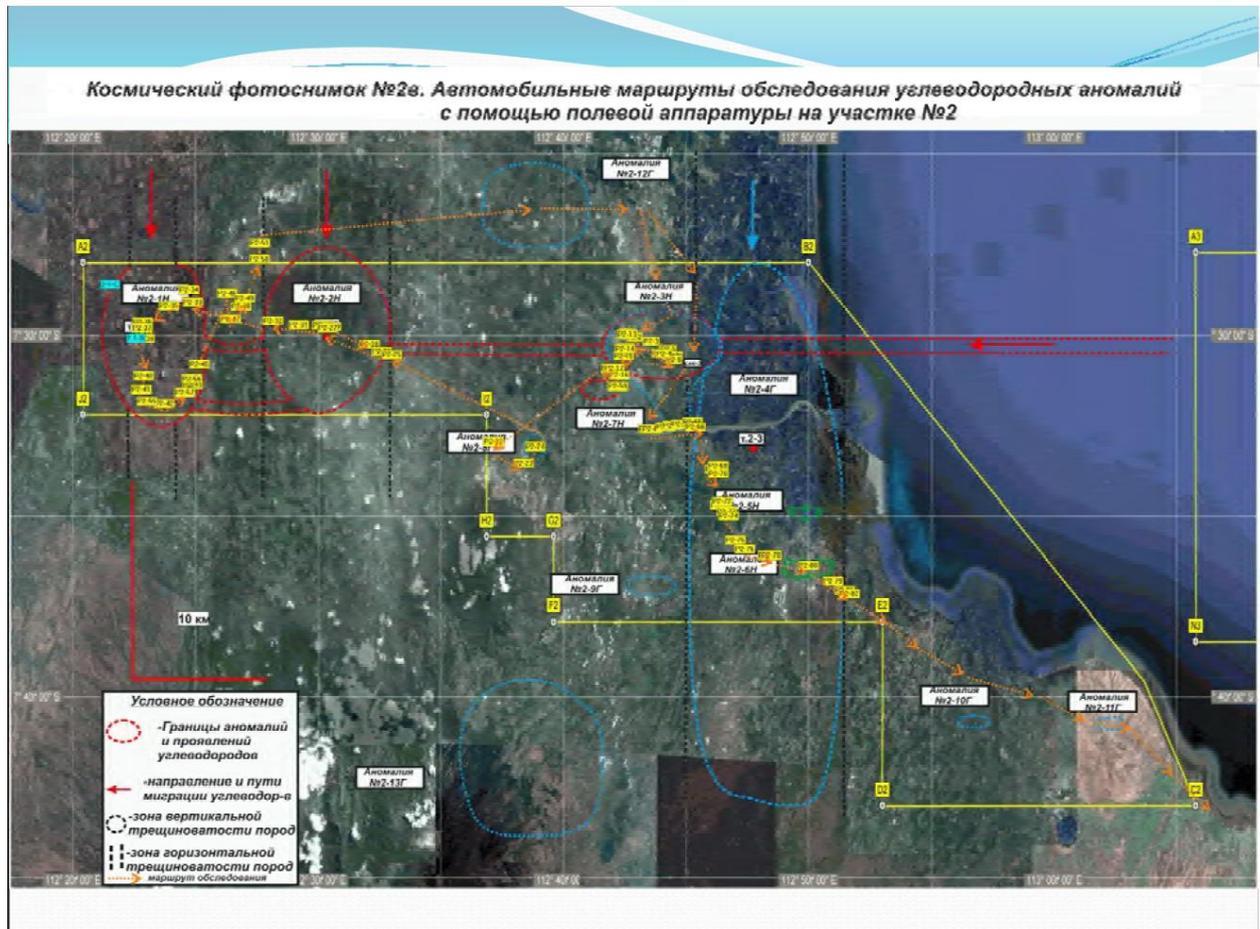


Figura 9. Fotografia de satélite com rotas de automóveis para exame de anomalias de hidrocarbonetos utilizando equipamento de campo

Trabalhar no estudo das características da ocorrência de gás de xisto em área (>120 km²) no estado do Texas (EUA).

Este estudo mostrou que a acumulação de gás de xisto ocorre apenas ao longo de zonas porosas (falhas) e tem migração de gás para o xisto a partir de grandes campos de gás com alta pressão de gás. (Fig. 10). Os resultados do trabalho foram confirmados através da perfuração de um poço na anomalia identificada, que descobriu um depósito de gás a uma profundidade de 3,5 km com uma pressão de gás de 620 kg/cm² (~65 MPa) no ponto 1.

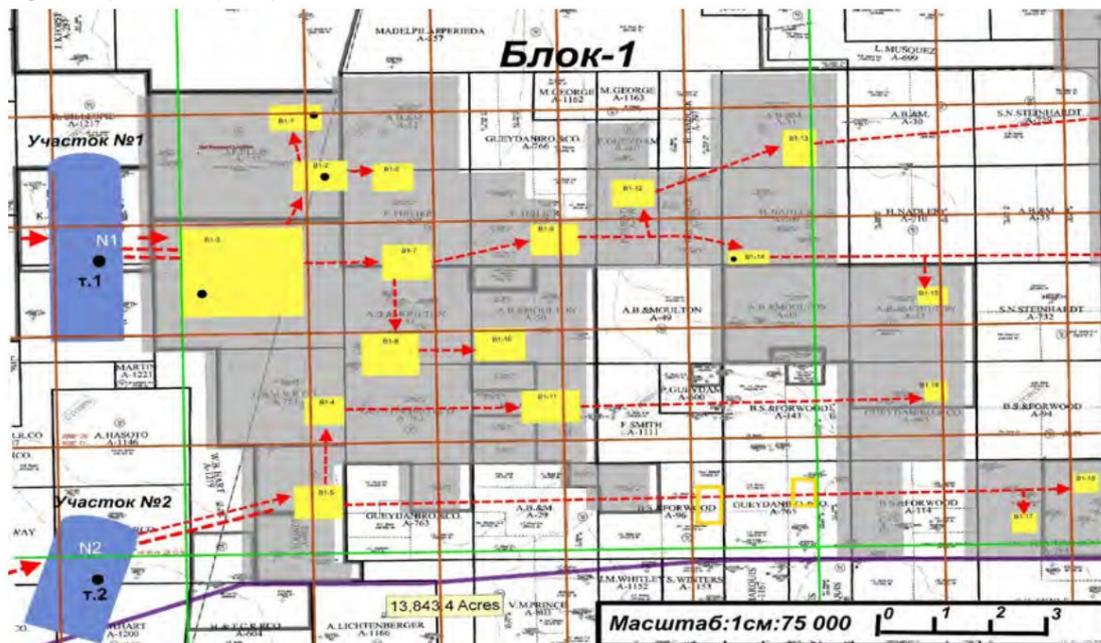


Figura 10. Limites das anomalias identificadas de petróleo e gás na seção de xisto do bloco nº 1, Texas (EUA)

O trabalho realizado em 2013 com recurso ao equipamento remoto "Poisk" no local Cooper PEL-105 (Austrália) para estudo do local e da armadilha de petróleo e gás (identificada por resultados sísmicos) permitiu-nos sugerir que a anomalia e armadilha de petróleo e gás identificadas não são promissoras para o desenvolvimento industrial, ou seja, Para. rochas reservatório em 3 horizontes (2 de gás e um de petróleo) apresentam baixa porosidade (5-7%). Foi proposto ao Cliente o abandono da perfuração prevista do poço Piri-1. Contudo, o Cliente perfurou o poço Piri-1 num ponto selecionado com base nos resultados sísmicos (numa armadilha de hidrocarbonetos), onde os geólogos previram elevados volumes de reservas de petróleo e gás. Os resultados da perfuração confirmaram a baixa porosidade das rochas reservatório (~7%), o que não permite a obtenção de volumes comerciais de petróleo e gás. O poço foi encerrado, o Cliente sofreu perdas financeiras de ~10 milhões de dólares americanos (Fig. 11).

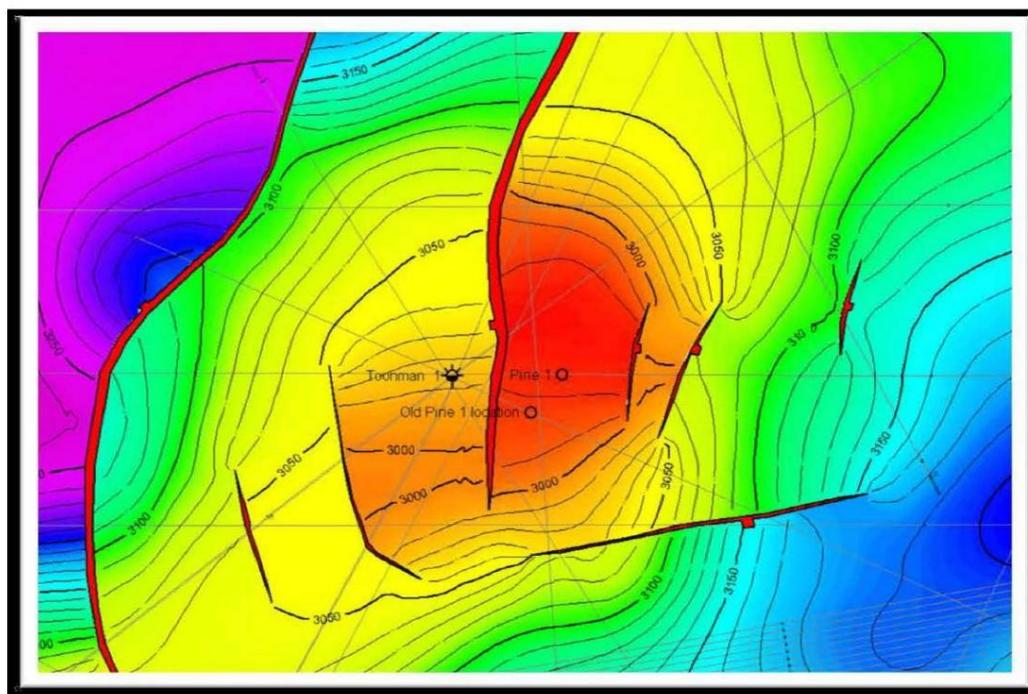


Figura 11. Anomalia de petróleo e gás na área Pel 105 indicando o poço Pirie-1 (Austrália).

Trabalho semelhante que testou a eficácia dos equipamentos do complexo Poisk durante o estudo de um local com área de 160 km² em Utah (EUA, 2013) permitiu alterar a decisão do Cliente na escolha dos pontos de perfuração de 2 poços em anomalias de petróleo com baixa porosidade de rochas reservatório (Fig. 12). Novos pontos de perfuração são recomendados em armadilhas de petróleo, que são adicionalmente confirmados por perfis sísmicos, e também nos quais a porosidade das rochas reservatório (>15%) foi medida por equipamento de campo do complexo remoto "Poisk" (Fig. 13). Os

estudos listados de anomalias de hidrocarbonetos confirmam a alta eficácia do trabalho de previsão geológica usando ferramentas de sensoriamento remoto e equipamentos de campo do complexo de testes de ressonância remota Poisk.

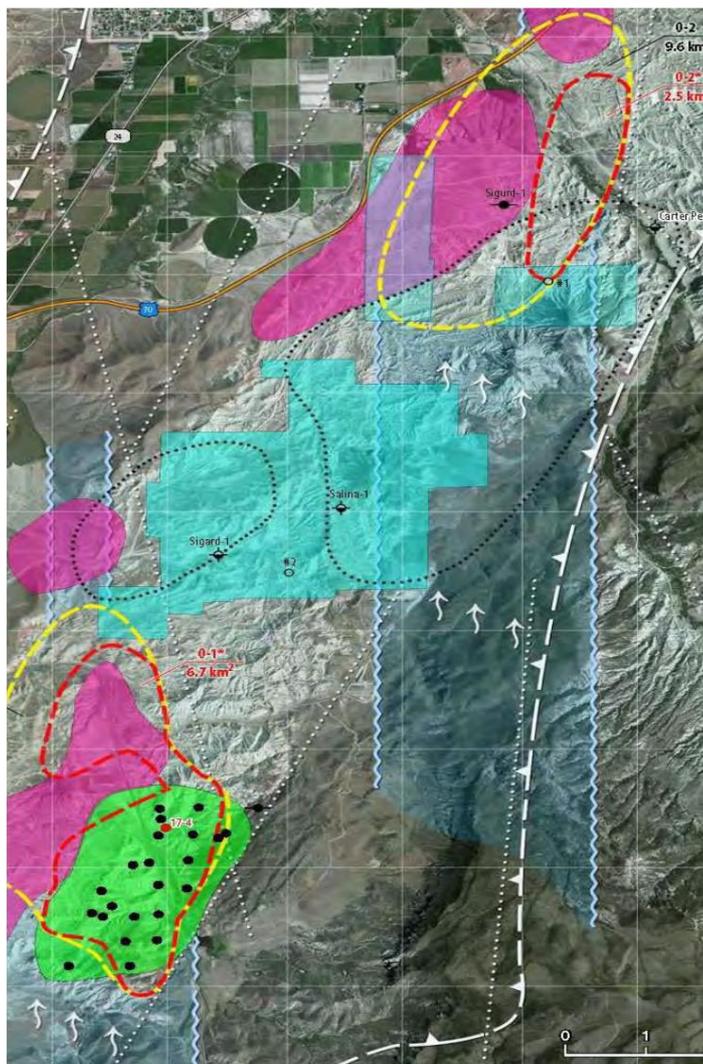


Figura 12. Limites de áreas efetivas de anomalias de petróleo com poços perfurados (Covenant, Utah, EUA).

Рис. 1. Разрез складчатого пояса по линии северо-запад – юго-восток

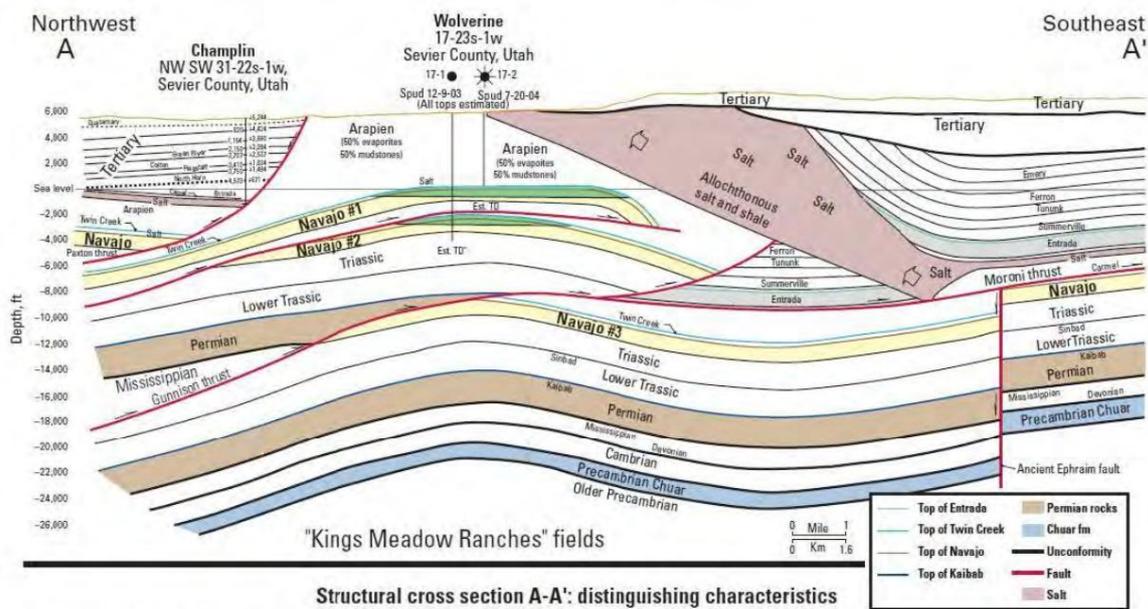


Figura 13. Seção geológica da anomalia petrolífera do sul com pontos de perfuração em Campo da Aliança, Utah.

Conclusões.

1. Trabalho de pesquisa experiente e prático realizado com equipamentos de campo complexo remoto "Poisk", confirma sua alta eficácia para identificação remota, delineamento e obtenção de dados geológicos e características geofísicas dos reservatórios necessárias para uma avaliação rápida da adequação para desenvolvimento industrial de jazidas de hidrocarbonetos identificadas ou seleção de pontos para colocação de poços de perfuração com afluxo garantido de hidrocarbonetos.
2. A capacidade de determinar características geológicas importantes com equipamento de campo a ocorrência de horizontes de hidrocarbonetos (profundidade, espessura, pressão do gás, temperatura, direção da migração do fluido, tipo de rochas reservatório e sua porosidade) é significativa facilita a tomada de decisões sobre estudos mais detalhados de áreas utilizando métodos geofísicos tradicionais, bem como selecionar pontos para perfuração de poços exploratórios.
3. Integração de métodos de pesquisa aeroespaciais, tradicionais e não tradicionais os hidrocarbonetos podem reduzir significativamente os riscos financeiros das operações de perfuração exploratória, especialmente em grandes profundidades, o que cria atratividade comercial exploração de petróleo e gás.
4. Os resultados dos estudos de acumulações de gás sob camadas de carvão permitem determinar medidas adicionais para garantir a segurança do gás nas minas que excluem explosões.

Lista da literatura usada:

1. Kovalev N.I., Pukhliy V.A. e outros. Ressonância magnética nuclear. Teoria e aplicações. - Sebastopol, 2010. - Cap. XI. - Pág. 610.
2. Kovalev N.I., Filimonova T.A., Gokh V.A. etc. Avaliando as possibilidades de uso tecnologias remotas para busca de recursos minerais durante o desenvolvimento de depósitos de hidrocarbonetos recursos nas prateleiras // Óptica da atmosfera e do oceano (Anais da III Conferência Pan-Russa "Extração, preparação, transporte de petróleo e gás", Tomsk, 20 a 24 de setembro de 2004). - Tomsk: Instituto óptica atmosférica SB RAS, 2004. - pp.
3. Certificado de teste de equipamentos do complexo Poisk em 6 poços conhecidos em Feodosiyskaya zona. - Sebastopol: SNUYAEIP, 2007.
4. Relatório sobre os testes do complexo Poisk no campo de condensado de gás Tatyana. - Sebastopol: SNUYAEIP, 2006.
5. Kovalev N.I., Gokh V.A., Soldatova S.V. etc. Usando o controle remoto complexo geoholográfico "Poisk" para detecção e delimitação de hidrocarbonetos depósitos // Geoinformática. - 2009. - Nº 3. - S. 83-87.
6. Kovalev N.I., Soldatova S.V., Ivashchenko P.N. etc. Experiência prática equipamento do complexo Poisk para determinar os limites das áreas contendo petróleo e gás e selecionar pontos para perfuração de poços. Geoinformática, 2010, nº 4, pp.
7. Kovalev N.I., Soldatova S.V., Ivashchenko P.N. etc. Estudo de características de ocorrência depósitos de gás em rochas de xisto usando equipamentos complexos remotos "Procurar". Geoinformática, 2011, nº 3. 8.
- Kovalev N.I., Pukhliy V.A., Soldatova S.V. Sobre o mecanismo de formação de explosões volumétricas e detonação de gases de hidrocarbonetos em minas de carvão, Coleção da Conferência Científica e Prática Internacional, 31 de janeiro de 2014, Ufa, pp. 9. Antipenko V.A. Metais em óleos // Petroquímica. - 1999. - Nº 6. 10. Shnyukov E.F., Gozhik P.F. Vanádio e níquel em óleos naturais da Ásia, África, Europa e América // Dokl. NAS da Ucrânia. - 2007. - Nº 3. 11. Pat. Ucrânia, nº 35122 de 26 de agosto de 2008. Método de busca de jazidas minerais; nº 55.916 de 27 de dezembro de 2010; nº 62.840 de 12 de setembro de 2011; nº 62.841 de 12 de setembro de 2011; nº 62.841 de 12 de setembro de 2011; nº 67.648 de 27 de fevereiro de 2012; Nº 67649 datado de 27 de fevereiro de 2012
12. Pat. RF, nº 227-2305 datado de 20 de março de 2006, "Método de exploração mineral", Gokh V.A. e etc., Patente europeia (Suíça) nº 2007A000247 datada de 28 de maio de 2008
13. Kovalev N.I., Akimov A.M. etc. Uso de complexo geofísico remoto "Pesquisar" para descobrir vários minerais e determinar rotas de migração radionuclídeos e substâncias tóxicas de depósitos de rejeitos de empresas do ciclo do combustível nuclear // Ecologia e Energia Nuclear, 2009, nº 1, pp.