



**Polevanov V.P.**

Doutor em Ciências Geológicas e Mineralógicas, Acadêmico da Academia Russa de Ciências Naturais, Vice-Diretor de Informatização do Uso do Subsolo - Geólogo Chefe da Instituição Estadual Federal "Rosgeolexpertiza"  
vpolevanov@rgexp.ru

## HIDROGÊNIO NATURAL. PRELIMINARES GUIA DE PESQUISA.

*O artigo, pela primeira vez na prática russa, são considerados os ambientes geológicos mais promissores, onde é mais provável que sejam encontrados depósitos O hidrogênio natural inclui rochas ígneas máficas e ultramáficas que criam uma ampla gama de ambientes gasosos ricos em hidrogênio, como gás livre, gás dissolvido e preso em inclusões fluidas em ofiolitos, zonas de fenda, falhas e desgaseificação atmosférica em gases vulcânicos, gêiseres, fontes termais e superfície saídas de gás. Jazidas de carvão (absorvidas) e/ou carbonatos (absorvidos) têm alto potencial para*

*acúmulo de hidrogênio, falhas profundas na fundação, que podem proporcionar migração e, em locais favoráveis, concentração de fontes difusas de H<sub>2</sub>.*

*Campos de desenvolvimento de círculos de fadas (circuns), que por si só não podem ser concentradores de depósitos naturais de hidrogênio, mas indicam que em um determinado ocorre a desgaseificação do hidrogênio natural na área e a tarefa dos trabalhos de prospecção é encontrar potenciais armadilhas para a formação de depósitos nos flancos dos campos de circulação de hidrogênio.*

*Tendo em conta as características logísticas dos territórios promissores na Rússia, é necessário concentrar-se nos flancos dos campos de hidrogênio das regiões de Voronezh e Lipetsk, percebendo claramente que os próprios círculos de hidrogênio não são promissores para a procura de depósitos.*

**Palavras-chave:** hidrogênio, energia inovadora, energia, circulação, desgaseificação de hidrogênio, exploração geológica, fluidos, energia global, tecnologias verdes.



## Os indicadores geológicos mais promissores da possível localização de depósitos naturais de hidrogênio

A infiltração de H<sub>2</sub> na superfície, observada direta (medida) ou indiretamente (anéis de hidrogênio, círculos de fada, circulações) é uma expressão de falta de vedação eficaz ou de vazamento.

e, portanto, não são promissores para encontrar depósitos naturais de hidrogênio.

No entanto, o parâmetro mais importante que pode ser obtido da circulação de vazamento de H<sub>2</sub> é o seu valor, que é um bom guia para determinar a dimensão do recurso H<sub>2</sub> subjacente e a sua sustentabilidade. No entanto, a amostragem pontual da superfície não é recomendada. Em vez disso, é fortemente recomendado um programa de monitorização contínua de pelo menos 24 horas em diversas áreas próximas.

pontos de monitoramento localizados.

Tendo em conta uma revisão abrangente de todos os dados acumulados no mundo, é possível delinear os cenários geológicos mais promissores onde é mais provável encontrar depósitos naturais de hidrogênio.

### Essas áreas incluem:

1. As rochas ígneas criam uma ampla gama de ambientes gasosos ricos em hidrogênio, como gás livre, gás dissolvido e presos em inclusões fluidas em ofiolitos, zonas de fenda, falhas e desgaseificação atmosférica em gases vulcânicos, gêiseres, fontes termais e gases de superfície. . saídas.

2. Os tubos de Kimberlito raramente são associados a gás rico em hidrogênio, mas foi neles que foram descobertas as atuais vazões recordes de hidrogênio natural - o tubo Udachnaya em Yakutia, onde a vazão era de 100.000 m<sup>3</sup> por dia.

3. Os corpos minerais são frequentemente locais de acumulação, tanto em rochas ígneas como sedimentares.

4. Jazidas de carvão (absorvidas) e/ou carbonatos (absorvidos) têm um elevado potencial de acumulação de hidrogênio.

5. Dentro das inclusões fluidas gás-água, quanto mais antiga a rocha, maior o teor de H<sub>2</sub>, pois o tempo é o principal fator que controla o grau. por uma questão de

lise da água envolvendo o decaimento radioativo de <sup>235</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th e <sup>40</sup>K.

6. Os sulfatos evaporíticos podem armazenar grandes quantidades de H<sub>2</sub> (até 20-30% em volume), e a halita com alto teor de potássio (por exemplo, depósitos de K-potássio) também fornece uma fonte hidrolítica radiogênica de H<sub>2</sub> por meio de um intermediário metálico de cálcio (Ca), que junto com o sal é uma boa tela para o acúmulo de hidrogênio.

7. Os campos de petróleo e gás geralmente não contêm grandes quantidades de H<sub>2</sub>, no entanto, para campos com alto teor de H<sub>2</sub>, a produção de H<sub>2</sub> pode ser rentável, especialmente quando obtida

gás liquefeito.

A alta reatividade do H<sub>2</sub> afeta a estrutura e a composição química da rocha, que onde cruza, por exemplo, a resistência mecânica dos carbonatos diminui (Levshunova, 1991), potencialmente acelera o desenvolvimento de falhas, ocorrendo sob condições de estresse com a criação de rotas de migração adicionais. O conteúdo de H<sub>2</sub> nos poços geralmente aumenta com a profundidade. Porém, já é possível identificar uma série de alvos potenciais, cada um com características específicas para geração, migração e retenção de H<sub>2</sub> (**Fig. 1**).

Resulta da figura que até agora apenas são possíveis três tipos de telas para a concentração de hidrogênio natural: soleiras de rochas básicas (já instaladas no Mali, onde hoje foi encontrada a única jazida de hidrogênio natural sob uma tela de doleritos), sal ações e xistos. Para procurar depósitos naturais de água

Os seguintes fatores são mais importantes:

I. a presença de rochas ultramáficas e máficas ricas em ferro, especialmente o embasamento arqueano, cujas rochas podem ser

fontes potenciais de H<sub>2</sub> radiolítico e hidrolítico.

II. falhas profundas no embasamento, que podem proporcionar migração e, em locais favoráveis, concentração de fontes difusas de H<sub>2</sub>.

III. Existe potencial de reservatório em profundidade na fronteira entre o embasamento e as rochas sedimentares (**Fig. 1**). Por exemplo, o gás natural do poço Mt Kitty 1 (Bacia Amadeus) contém 11% em mol de H<sub>2</sub> em um embasamento ígneo fraturado diretamente sobreposto por rochas sedimentares.

4. Campos de desenvolvimento de círculos de fadas (circuns), que por si só não podem ser concentradores de depósitos naturais de hidrogênio, mas indicam que nesta área há desgaseificação de hidrogênio natural e a tarefa dos trabalhos de prospecção é encontrar locais de potenciais armadilhas para formação de depósitos

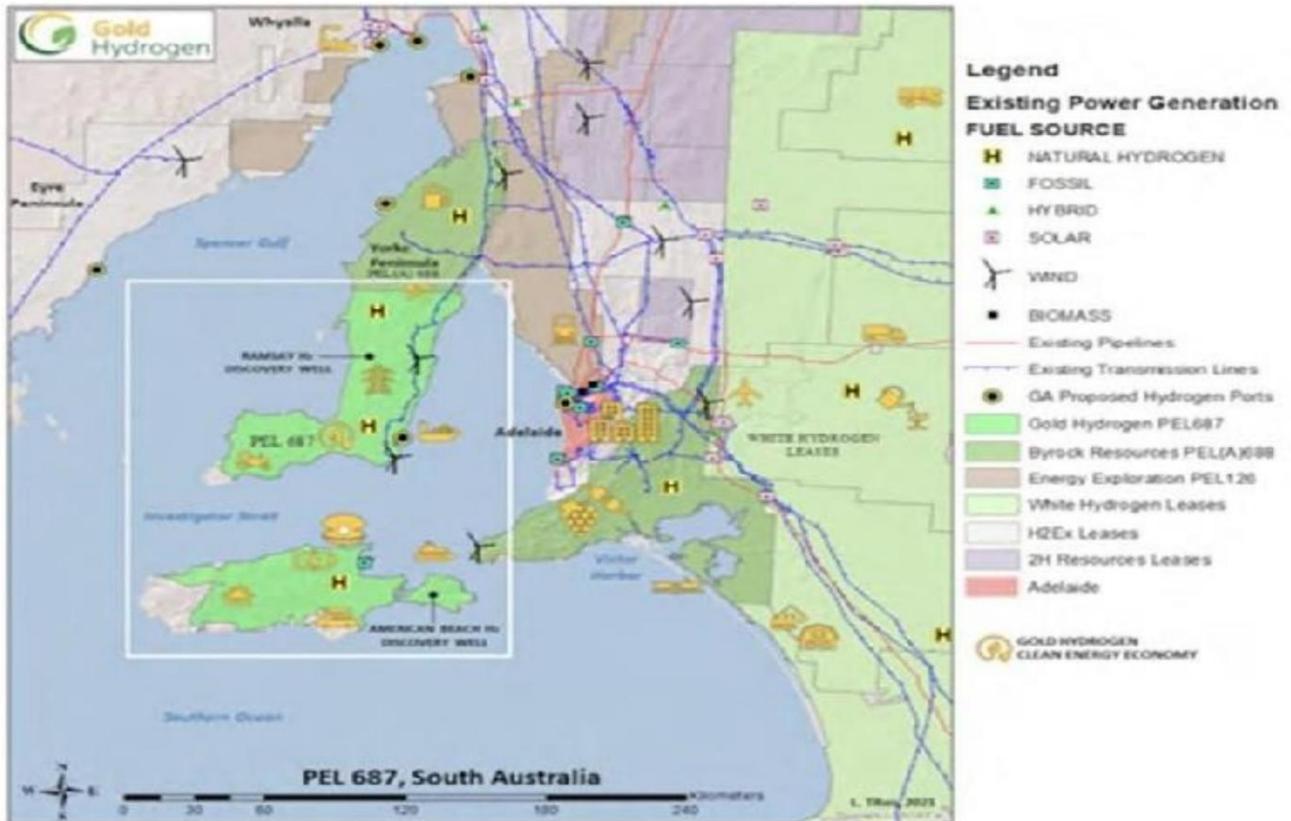
### “Febre da busca por hidrogênio” australiana.

Atualmente, a “Corrida do Hidrogênio” de busca por hidrogênio natural se espalhou por toda a Austrália. Cada estado desenvolveu e adotou um programa de busca de hidrogênio natural. O estado da Austrália do Sul está na liderança. De acordo com



**Arroz.**

1 Sistematização fonte-migração-acumulação para exploração de H<sub>2</sub> em ambientes convencionais e não convencionais. O conteúdo de H<sub>2</sub> dos campos petrolíferos (1 e 2) é provavelmente complementado por H<sub>2</sub> de fontes abiogénicas (3). H<sub>2a</sub> = migração advectiva e H<sub>2d</sub> = H<sub>2</sub> migração difusiva.



Arroz. 2. Licença de exploração da empresa Gold Hydrogen com área de 9500 km<sup>2</sup>. 6 de abril 2022

De acordo com a consultoria energética australiana EnergyQuest, seis empresas diferentes receberam ou solicitaram 18 licenças de exploração de petróleo no sul da Austrália nos últimos 12 meses. Coletivamente, a área coberta pela licença é de aproximadamente **570 mil quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>), ou 32% do total**

**estado**, descobriu a empresa de consultoria, chamando o influxo repentino de "boom".

O boom começou depois que o Ministério de Energia e Minas publicou um documento explicativo sobre

licenciamento de atividades de hidrogênio. A Lei do Petróleo e da Energia Geotérmica (Recursos Energéticos) de 2021 propõe expandir o âmbito existente das disposições da Lei do Petróleo e da Energia Geotérmica de 2000. (Lei) para incluir a produção de hidrogênio a partir de meios que não são mais permitidos pela lei atual, como a eletrólise da água. As alterações propostas visam proporcionar a todos os setores de produção de hidrogênio as mesmas melhores práticas regulamentares e o tratamento de janela única governamental atualmente concedido à indústria do petróleo e do gás ao abrigo da lei atual. Propõe-se que isto seja conseguido através da introdução na lei de licenças específicas para a energia do hidrogênio. Como resultado, propõe-se que as disposições existentes da Lei, tais como disposições sobre aprovação ambiental (através de declarações de objetivos ambientais), consulta, aprovação de atividades, conformidade e relatórios, sejam aplicadas

aplicado a projetos de hidrogênio licenciados nos termos da Lei.<sup>1</sup>

Em 1 de fevereiro de 2021, os Regulamentos sobre Petróleo e Energia Geotérmica de 2013 foram alterados para declarar o hidrogênio, os compostos de hidrogênio e os subprodutos do hidrogênio como substâncias controladas ao abrigo da Lei do Petróleo e da Energia Geotérmica de 2000. As empresas podem agora candidatar-se à exploração de hidrogênio natural através do PEL, e a transferência de hidrogênio ou compostos de hidrogênio pode agora

permitido sob as disposições de licenciamento de gasodutos da Lei PGE. A actual revisão da *Lei do Petróleo e da Energia Geotérmica de 2000* sugere

torná-lo um "balcão único" para o hidrogênio com um novo nome – o recursos energéticos.

Informações sobre os projetos atuais de exploração de hidrogênio podem ser encontradas na seção Licenças Estaduais de Exploração de Petróleo da página Projetos de Interesse Público.

Na **Fig. 2** mostra um diagrama do obtido licenças para a procura de hidrogênio natural.

É especialmente interessante que uma das empresas que recebeu a melhor, na minha opinião, área de pesquisa de hidrogênio natural se chama "Gold Hydrogen Pty Ltd". Professor John Gluyas

foi o primeiro a usar o termo "água dourada" gênero" para descrever este tipo de hidrogênio natural, para distingui-lo do "hidrogênio cinza", que produzido a partir de combustíveis fósseis, "hidrogênio azul", que captura ou enterra CO<sub>2</sub> residual ou "hidrogênio verde", hidrogênio, obtido por eletrólise da água. A empresa que foi a primeira a utilizar esse termo de sucesso recebe vantagens competitivas.

Gold Hydrogen Pty Ltd recebeu uma licença de exploração 687 (memorando no Anexo 3) por 5 anos até 2026 inclusive e se comprometeu a gastar US\$ 20 milhões nos primeiros 4 anos para realizar trabalhos geofísicos e realizar perfurações exploratórias no valor de US\$ 10 milhões no final ano 2026. Foi concedido à empresa o direito de explorar aproximadamente 9.500 km<sup>2</sup> perto de Adelaide, particularmente na parte sul da Península de Yorke e na Ilha Kangaroo (um esboço da área licenciada é mostrado abaixo na **Fig. 2**).

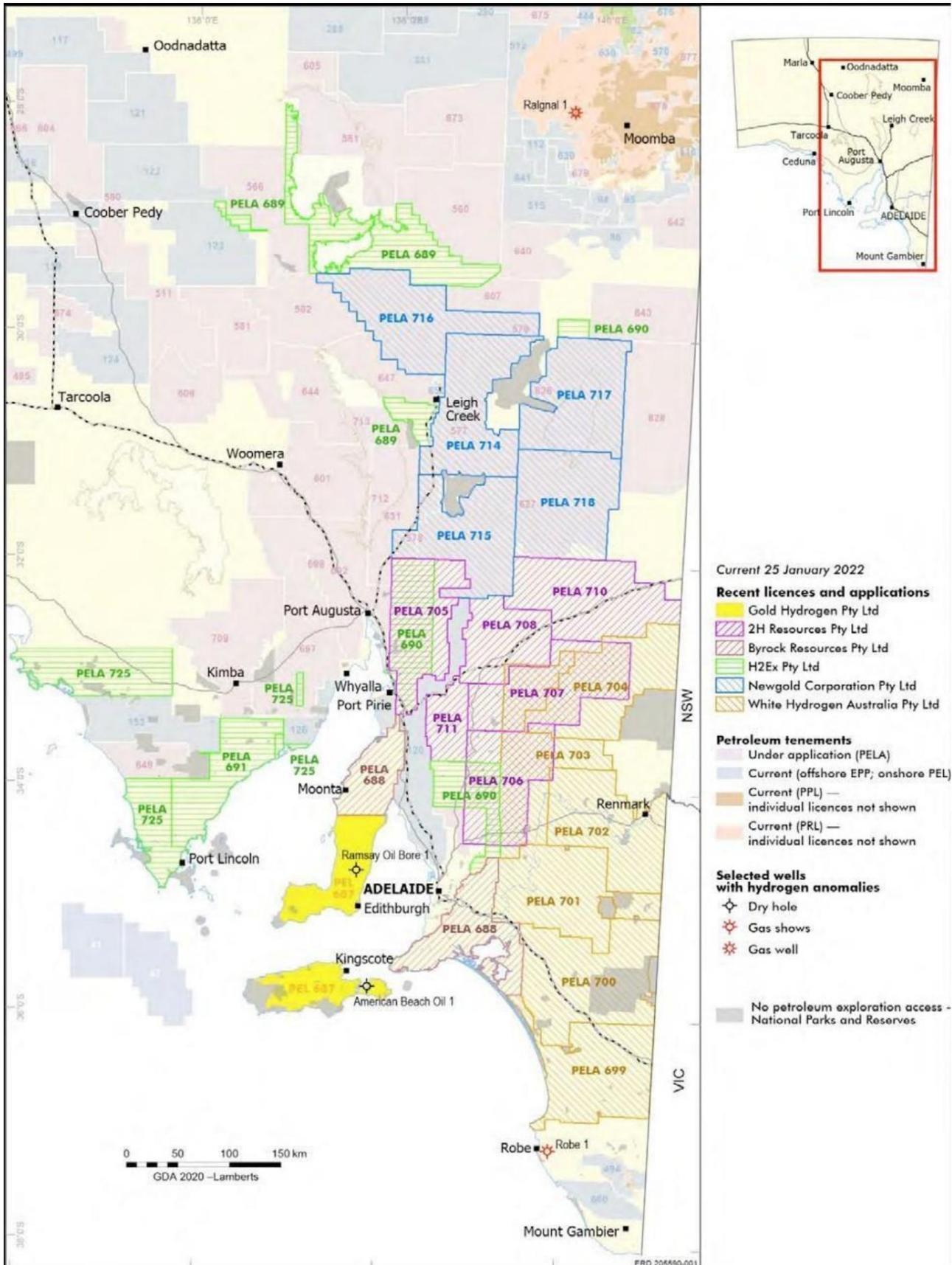
O objetivo da Gold Hydrogen é se tornar a primeira empresa na Austrália a produzir, usar e vender hidrogênio natural, que a empresa chama de "uma fonte inesgotável de energia verde".

### **Áreas promissoras russas para busca de depósitos naturais de hidrogênio.**

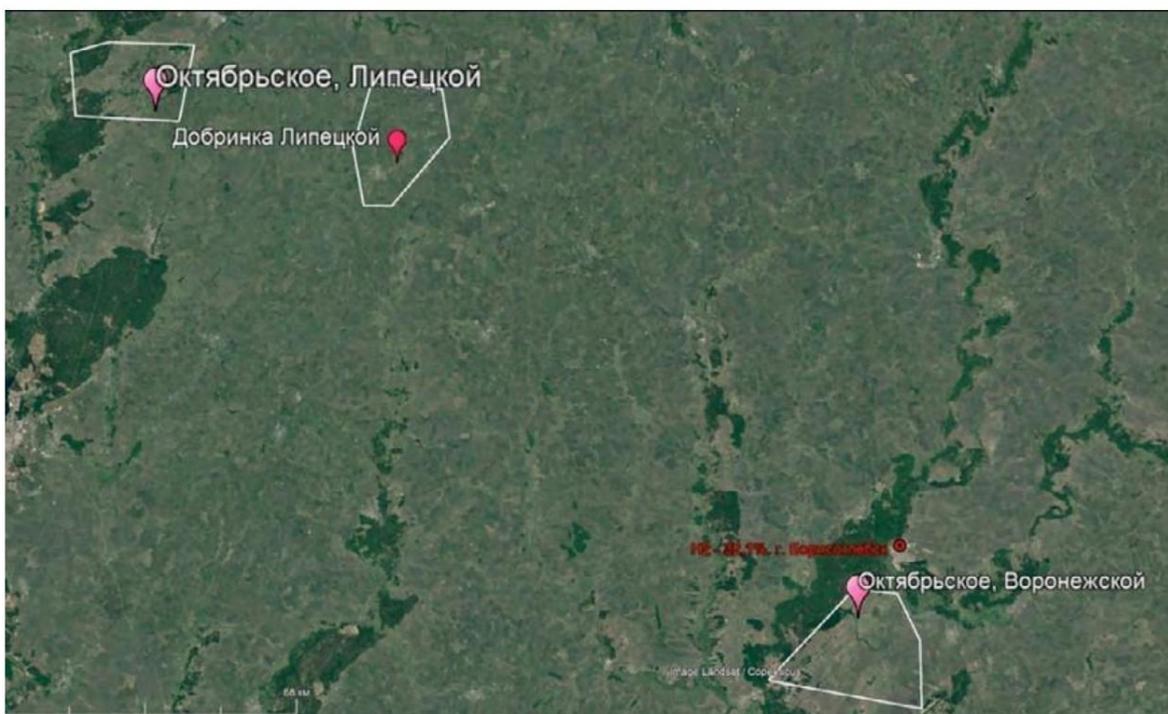
Tendo em conta as características logísticas dos territórios promissores, é necessário concentrar-se nos flancos dos campos de hidrogênio das regiões de Voronezh e Lipetsk, percebendo claramente que os próprios círculos de hidrogênio não são promissores para a procura de depósitos. Pode-se afirmar com alto grau de confiança que os próprios campos de hidrogênio, desenvolvidos em todos os continentes, são os segundos locais mais importantes (depois das dorsais meso-oceânicas) de desgaseificação de hidrogênio da Terra.

Abaixo, **as Figuras 5, 6 e 7** mostram mapas do Google de todas as áreas em escala maior. Considerando as grandes áreas para exploração, é necessário iniciar a busca com trabalhos geofísicos aéreos.

1. <https://www.petroleum.sa.gov.au/geology-and-prospectivity/hydrogen>

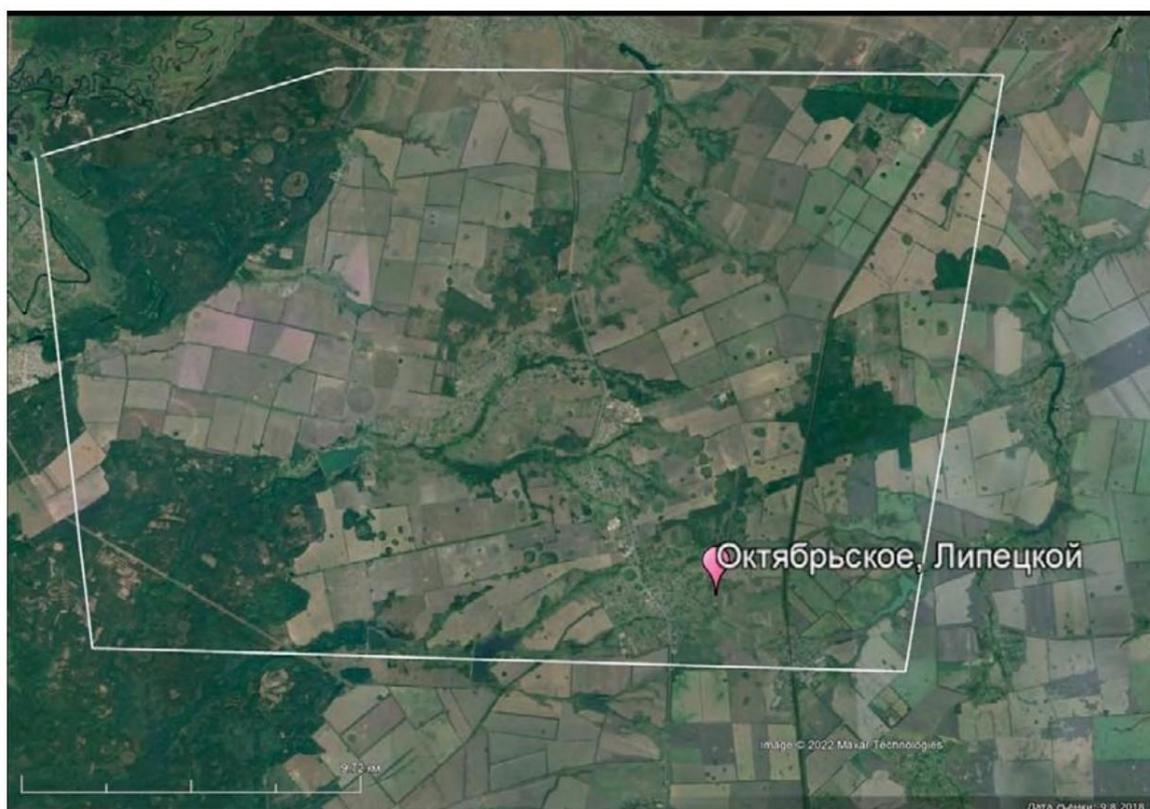


Arroz. 3.  
18 licenças no sul da Austrália para exploração de hidrogênio natural



Arroz. 4.

4. Três áreas prioritárias para a procura de depósitos naturais de hidrogênio: Oktyabrskoye e Dobrinka na região de Lipetsk e Oktyabrskoye na região de Voronezh.



Arroz. 5.

Campo de hidrogênio Oktyabrskoe na região de Lipetsk.

## Métodos aerogeofísicos motores de busca de busca de hidrogênio.

### 1 Métodos aeromagnéticos

Principais tarefas a serem resolvidas:

- mapeamento estrutural-tectônico com

definindo hierarquia, relacionamentos e

cinemática das principais falhas;

- identificação de zonas mineralizadas, zonas skarn;

- mapeamento de corpos intrusivos de vários

composição, tanto vindo à superfície como

enterrado;

- identificação e mapeamento de zonas de metassomatismo.

Aqui e abaixo, as tarefas mais relevantes para a busca de possível localização de depósitos naturais de hidrogênio são destacadas em itálico e sublinhado.

### 2 Espectrometria Aerogamma

Principais tarefas a serem resolvidas:

- identificação de elementos geológicos

estruturas do território estudado;

- busca de depósitos de matérias-primas radioativas;
- estudo da natureza e intensidade da manifestação de

processos sobrepostos (metassomatose) e busca de depósitos hidrotermais;

- monitoramento ambiental remoto

anel, incluindo avaliação de contaminação por radiação

ção de territórios (Césio-137);

- estudo de perspectivas de petróleo e gás

territórios.

### 3 Aerogravimetria

Principais tarefas a serem resolvidas:

- mapeamento estrutural-tectônico

fundação enterrada;

- identificação de estruturas promissoras para

localização de hidrocarbonetos;

- mapeamento das formações mais contrastantes da cobertura sedimentar, principalmente estratos salinos, bem como formações intrusivas;

- mapeamento de falhas, em

incluindo possíveis deslocamentos e zonas de impulso

fraturamento;

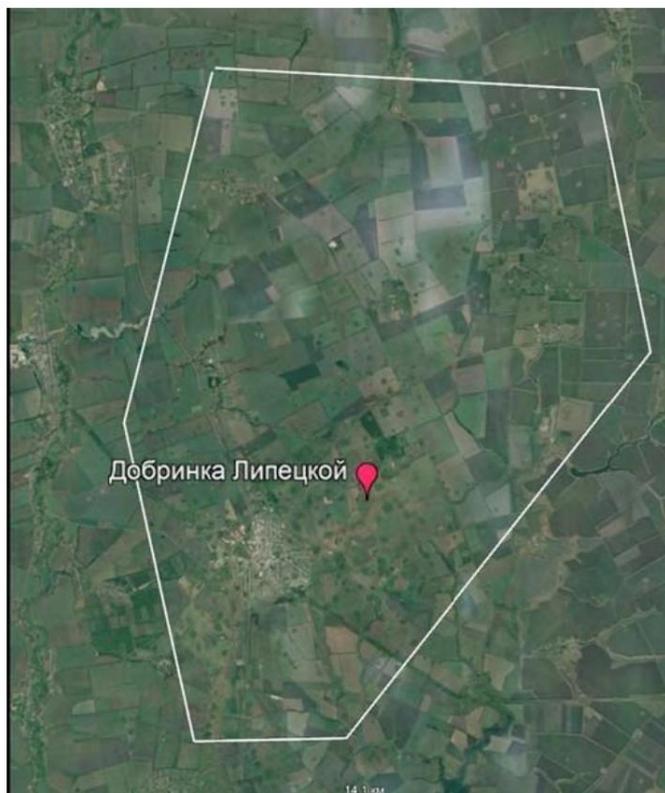
### Prospecção elétrica de 4 pulsos

Principais tarefas a serem resolvidas:

- pesquisas detalhadas de depósitos de sulfeto de cobre-níquel e minérios polimetálicos de chumbo-zinco;

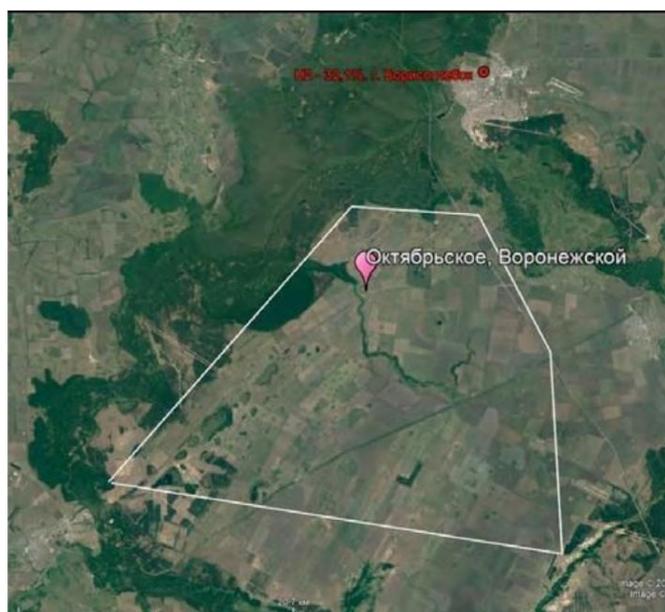
• estudo da estrutura interna das zonas tectônicas controladoras de minério e rastreamento de perturbações localizadas lateralmente e em profundidade;

- identificar detalhes de zonas de mudanças sobrepostas;



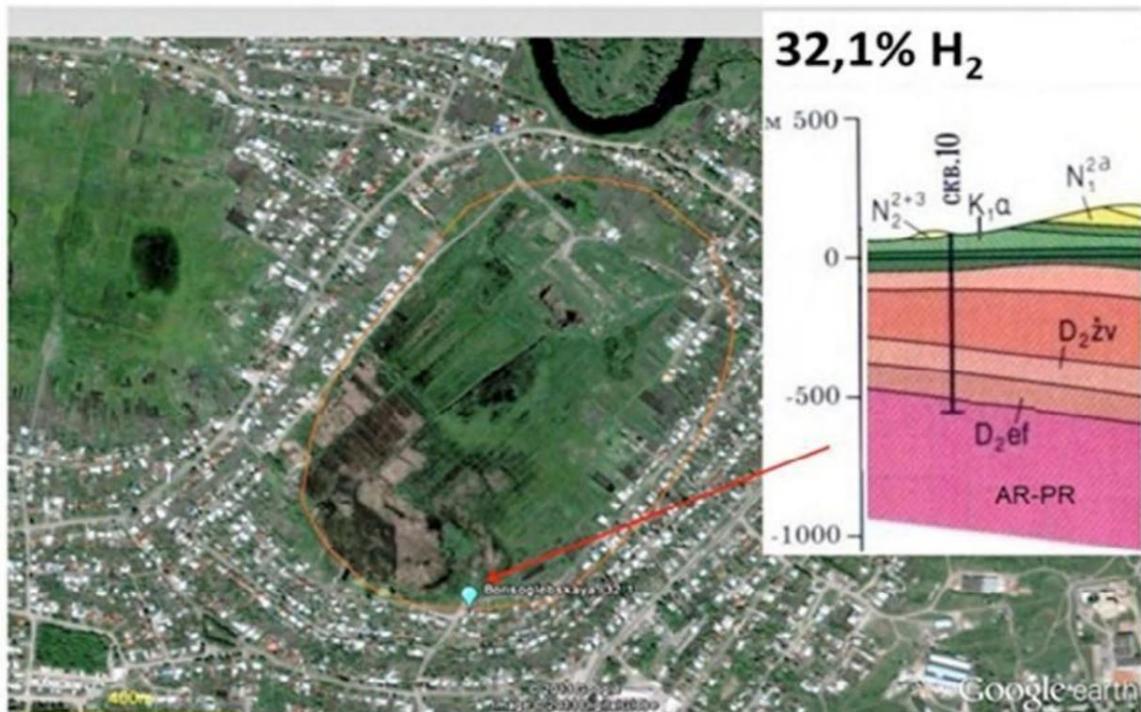
Arroz. 6.

Campo de hidrogênio Dobrinka na região de Lipetsk



Arroz. 7.

Campo de hidrogênio Oktyabrskoe na região de Voronezh, indicando um poço em Borisoglebsk, onde foi descoberta desgasificação de H<sub>2</sub> de 32,1% no flanco norte do campo de hidrogênio.



#### Arroz. 8.

Um poço anômalo em Borisoglebsk, no flanco norte do campo de hidrogênio de Oktyabrsky, onde foi obtido um influxo de H<sub>2</sub> de 32,1%

• estudo da estrutura geológica da parte superior do trecho  
através de \_\_\_\_\_  
sondagem: \_\_\_\_\_

- mapeamento de paleovales e cársticos;
  - avaliação dos limites espaciais de distribuição
- viagens subterrâneas de água;
- análise do estado criogênico dos solos,
- mapeamento de zonas de permafrost;

• criação de mapas físicos com geoeletricidade  
Cortes chineses.

Levando em consideração o acima exposto, o principal trabalho geofísico aéreo para localizar as áreas mais promissoras para depósitos naturais de hidrogênio é a **Aerogravimetria** e **Aerogravimetria**.

métodos magnéticos.



UDC 330.33.01; 620,92

**VP Polevanov Doutor em Ciências Geológicas e Mineralógicas, Acadêmico da Academia Russa de Ciências, Vice-Diretor de Informatização do Uso Subterrâneo – Geólogo Chefe da FGKU “Rosgeolexpertiza”, vpolevanov@rgexp.ru**

**Resumo:** O artigo, pela primeira vez na prática russa, são considerados os ambientes geológicos mais promissores, onde é mais provável encontrar depósitos naturais de hidrogênio, incluindo rochas ígneas básicas e ultrabásicas, que criam uma ampla gama de ambientes com hidrogênio - gás rico na forma de gás livre, gás dissolvido e capturado por inclusões fluidas em ofiolitos, zonas de rifte, falhas e desgaseificação atmosférica em gases vulcânicos, gêiseres, fontes termais e saídas de gás de superfície. Camadas de carvão (absorvidas) e/ou carbonatos (absorvidos) têm um alto potencial para armazenamento de hidrogênio, falhas profundas no subsolo que podem fornecer migração e, em locais favoráveis, concentrações de fontes difusas de H<sub>2</sub>.

Os campos de desenvolvimento de círculos de fadas (circunferências), que por si só não podem ser concentradores de depósitos naturais de hidrogênio, mas indicam que nesta área ocorre a desgaseificação do hidrogênio natural e a tarefa da prospecção é encontrar locais de potenciais armadilhas para a formação de depósitos nos flancos dos campos circunferenciais de hidrogênio.

Tendo em conta as características logísticas dos territórios promissores na Rússia, é necessário concentrar-se nos flancos dos campos de hidrogênio das regiões de Voronezh e Lipetsk, percebendo claramente que os próprios círculos de hidrogênio não têm perspectivas de encontrar depósitos.

**Palavras-chave:** hidrogênio, energia inovadora, engenharia de energia, circulações, desgaseificação de hidrogênio, exploração geológica, fluidos, energia mundial, tecnologias verdes



[rss-nmr@rss-nmr.info](mailto:rss-nmr@rss-nmr.info)



Skype **mlf10357**



+ 1-786-352-8843



+591-716-96657

Copyright 2005 for Fands-It Patents (Sensu & Poisk-Group) The trademark Copyright 2014/12 for trademarks and brands RSS-NMR conform to the patents and trademark amendment laws 1980-12-12