



Polevanov V.P.

Doctor en Ciencias Geológicas y Mineralógicas, Académico de la Academia Rusa de Ciencias Naturales,
Director Adjunto de Informatización del Uso del Subsuelo - Geólogo Jefe de la Institución Estatal Federal "Rosgeolexpertiza"
vpolevanov@rgexp.ru

HIDRÓGENO NATURAL. PRELIMINAR GUÍA DE BÚSQUEDA.

En el artículo, por primera vez en la práctica rusa, se consideran los entornos geológicos más prometedores, donde es más probable que se encuentren depósitos.

El hidrógeno natural incluye rocas ígneas máficas y ultramáficas que crean una amplia gama de entornos gaseosos ricos en hidrógeno como gas libre, gas disuelto y atrapado en inclusiones fluidas en ofiolitas, zonas de rift, fallas y desgasificación atmosférica en gases volcánicos, géiseres, fuentes termales y superficies. salidas de gases. Las vetas de carbón (absorbidos) y/o carbonatos (absorbidos) tienen un alto potencial de

acumulación de hidrógeno, fallas profundas en la cimentación, que pueden provocar migración y, en lugares favorables, concentración de fuentes difusas de H₂.

Campos de desarrollo de círculos de hadas (circuitos), que en sí mismos no pueden ser concentradores de depósitos naturales de hidrógeno, pero indican que en un determinado En la zona se produce la desgasificación del hidrógeno natural y la tarea de los trabajos de prospección es encontrar posibles trampas para la formación de depósitos en los flancos de los campos de circulación de hidrógeno.

Teniendo en cuenta las características logísticas de los territorios prometedores de Rusia, es necesario concentrarse en los flancos de los campos de hidrógeno de las regiones de Voronezh y Lipetsk, comprendiendo claramente que los propios círculos de hidrógeno no son prometedores para la búsqueda de depósitos.

Palabras clave: hidrógeno, energía innovadora, energía, circulación, desgasificación del hidrógeno, exploración geológica, fluidos, energía global, tecnologías verdes.



Los indicadores geológicos más prometedores de la posible ubicación de depósitos naturales de hidrógeno.

La filtración de H₂ en la superficie, observada directa (medida) o indirectamente (anillos de hidrógeno, círculos de hadas, circulaciones) es una expresión de una falta de sellado eficaz o de una junta con fugas.

ciones y, por lo tanto, no son prometedores para encontrar depósitos naturales de hidrógeno.

Sin embargo, el parámetro más importante que se puede obtener de la circulación de fuga de H₂ es su valor, que es una buena guía para determinar el tamaño del recurso de H₂ subyacente y su sostenibilidad. Sin embargo, no se recomienda el muestreo puntual de la superficie. En cambio, se recomienda encarecidamente un programa de seguimiento continuo de al menos 24 horas en varias zonas cercanas.

puntos de monitoreo ubicados.

Teniendo en cuenta una revisión exhaustiva de todos los datos acumulados en el mundo, es posible delinear los entornos geológicos más prometedores donde es más probable que se encuentren depósitos naturales de hidrógeno.

Estas áreas incluyen:

1. Las rocas ígneas crean una amplia gama de ambientes gaseosos ricos en hidrógeno, como gas libre, gas disuelto y atrapados en inclusiones fluidas en ofiolitas, zonas de rift, fallas y desgasificación atmosférica en gases volcánicos, géiseres, fuentes termales y gases superficiales. . sale.

2. Las tuberías de kimberlita rara vez se asocian con gas rico en hidrógeno, pero es en ellas donde se descubrieron los caudales récord actuales de hidrógeno natural: la tubería Udachnaya en Yakutia, donde el caudal era de 100.000 m³ por día.

3. Los yacimientos minerales son a menudo lugares de acumulación, tanto en rocas ígneas como sedimentarias.

4. Las vetas de carbón (absorbidas) y/o carbonatos (absorbidos) tienen un alto potencial de acumulación de hidrógeno.

5. Dentro de las inclusiones de fluidos gas-agua, cuanto más antigua es la roca, mayor es el contenido de H₂, porque el tiempo es el principal factor que controla el grado. por el bien de

lisis del agua que implica la desintegración radiactiva de ²³⁵U, ²³⁸U, ²³²Th y ⁴⁰K.

6. Los sulfatos evaporíticos pueden almacenar grandes cantidades de H₂ (hasta 20-30% en volumen), y la halita con alto contenido de potasio (por ejemplo, depósitos de K-potasio) también proporciona una fuente hidrolítica radiogénica de H₂ a través de un intermediario metálico de calcio (Ca), que junto con la sal es una buena pantalla para la acumulación de hidrógeno.

7. Los campos de petróleo y gas no suelen contener grandes cantidades de H₂; sin embargo, para campos con un alto contenido de H₂, la producción de H₂ puede ser rentable, especialmente cuando se obtiene

gas licuado.

La alta reactividad del H₂ afecta la estructura y composición química de la roca, lo que donde cruza, por ejemplo, la resistencia mecánica de los carbonatos disminuye (Levshunova, 1991), potencialmente acelera el desarrollo de fallas, que se producen en condiciones de estrés con la creación de rutas migratorias adicionales. El contenido de H₂ en los pozos suele aumentar con la profundidad. Sin embargo, ya es posible identificar una serie de objetivos potenciales, cada uno de los cuales tiene sus propias características específicas para la generación, migración y retención de H₂ (Fig. 1).

De la figura se desprende que hasta ahora sólo son posibles tres tipos de pantallas para la concentración de hidrógeno natural: umbrales de rocas básicas (instalados ya en Mali, donde el único depósito de hidrógeno natural hoy se encuentra bajo una pantalla de doleritas), sal acciones y esquistos. Para buscar depósitos de agua naturales.

Los siguientes factores son los más importantes:

I. la presencia de rocas ultramáficas y máficas ricas en hierro, especialmente el basamento Arcaico, cuyas rocas pueden ser

fuentes potenciales de H₂ radiolítico e hidrolítico.

II. Fallas profundas del basamento, que pueden provocar migración y, en lugares favorables, concentración de fuentes difusas de H₂.

III. Existe potencial de reservorio en profundidad en el límite entre el basamento y las rocas sedimentarias (Fig. 1). Por ejemplo, el gas natural del pozo Mt Kitty 1 (Cuenca Amadeus) contiene un 11% molar de H₂ en un basamento ígneo fracturado directamente cubierto por rocas sedimentarias.

IV. Los campos de desarrollo de círculos mágicos (circunferencias), que por sí solos no pueden ser concentradores de depósitos naturales de hidrógeno, pero indican que en esta zona se produce la desgasificación del hidrógeno natural y la tarea de los trabajos de prospección es encontrar lugares de posibles trampas para la formación de depósitos.

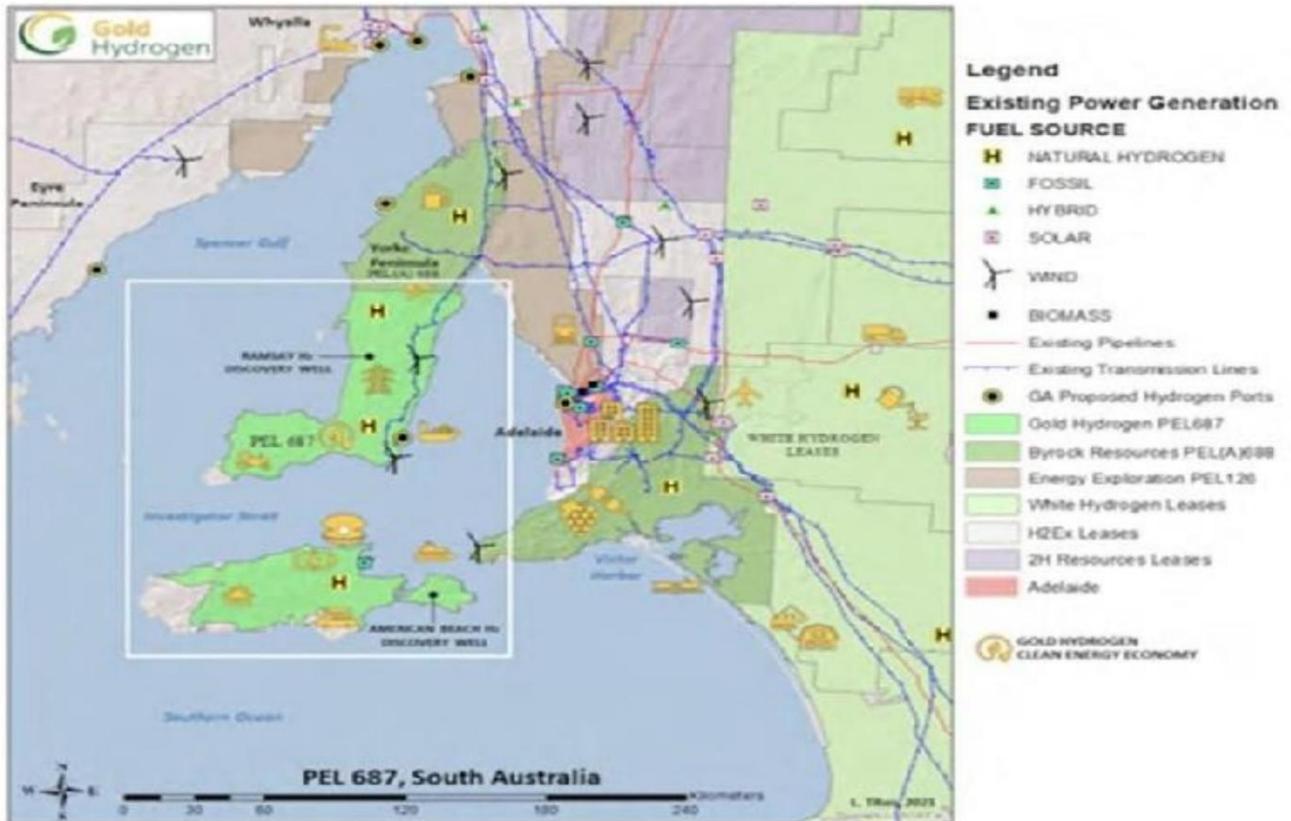
“Fiebre de búsqueda de hidrógeno” australiana.

Actualmente, la “fiebre del hidrógeno” de búsqueda de hidrógeno natural se ha extendido por toda Australia. Cada estado ha desarrollado y adoptado un programa para buscar hidrógeno natural. El estado de Australia del Sur está a la cabeza. De acuerdo a



Arroz.

1 Sistematización de fuente-migración-acumulación para la exploración de H₂ en entornos convencionales y no convencionales. El contenido de H₂ de los yacimientos petrolíferos (1 y 2) probablemente se complementa con H₂ de fuentes abiogénicas (3).
 H₂a = migración advectiva y H₂d = migración difusiva de H₂.



Arroz. 2. Licencia de exploración de la empresa Gold Hydrogen con una superficie de 9500 kilómetros cuadrados. 6 de abril 2022



Según la consultora energética australiana EnergyQuest, seis empresas diferentes han recibido o solicitado 18 licencias de exploración petrolera en el sur de Australia durante los últimos 12 meses. En conjunto, el área cubierta por el permiso es de aproximadamente 570.000 kilómetros cuadrados (km²), o el 32% del total.

estado, concluyó la consultora, calificando la afluencia repentina de "auge".

El auge comenzó después de que el Ministerio de Energía y Minas publicara un documento explicativo sobre

concesión de licencias para actividades relacionadas con el hidrógeno.

El Proyecto de Ley de Petróleo y Energía Geotérmica (Recursos Energéticos) de 2021 propone ampliar el alcance existente de las disposiciones de la Ley de Petróleo y Energía Geotérmica de 2000. (Ley) para incluir la producción de hidrógeno a partir de medios que ya no están permitidos en virtud de la ley actual, como la electrólisis del agua. Las enmiendas propuestas tienen como objetivo proporcionar a todos los sectores de producción de hidrógeno las mismas mejores prácticas regulatorias y el mismo trato gubernamental de ventanilla única que actualmente se brinda a la industria del petróleo y el gas en virtud de la Ley actual. Se propone lograrlo introduciendo en la ley licencias específicas para la energía del hidrógeno. Como resultado, se propone que se apliquen las disposiciones existentes de la Ley, como las disposiciones sobre aprobación ambiental (mediante declaraciones de objetivos ambientales), consulta, aprobación de actividades, cumplimiento e informes.

se aplica a proyectos de hidrógeno autorizados de conformidad con la Ley.¹

El 1 de febrero de 2021, se modificó el Reglamento sobre petróleo y energía geotérmica de 2013 para declarar que el hidrógeno, los compuestos de hidrógeno y los subproductos del hidrógeno son sustancias controladas en virtud de la Ley de petróleo y energía geotérmica de 2000. Las empresas ahora pueden solicitar la exploración de hidrógeno natural a través del PEL, y la transferencia de hidrógeno o compuestos de hidrógeno ahora puede

permitido bajo las disposiciones de licencia de oleoductos de la Ley PGE. La revisión actual de la Ley de Petróleo y Energía Geotérmica de 2000 sugiere

convertirlo en una "ventanilla única" para el hidrógeno con un nuevo nombre: recursos energéticos.

La información sobre los proyectos actuales de exploración de hidrógeno se puede encontrar en la sección Licencias estatales de exploración de petróleo de la página web de Proyectos de interés público.

En la figura. 2 muestra un diagrama de lo obtenido Licencias para la búsqueda de hidrógeno natural.

Es especialmente interesante que una de las empresas que obtuvo, en mi opinión, el mejor campo de búsqueda de hidrógeno natural, se llama "Gold Hydrogen Pty Ltd". Profesor John Gluyas

fue el primero en utilizar el término "agua dorada" género" para describir este tipo de hidrógeno natural, para distinguirlo del "hidrógeno gris", que producido a partir de combustibles fósiles, el "hidrógeno azul", que captura o entierra el CO₂ residual o el "hidrógeno verde", el hidrógeno,

obtenido por electrólisis del agua. La empresa que fue la primera en utilizar este exitoso término recibe ventajas competitivas.

Gold Hydrogen Pty Ltd recibió una licencia de exploración 687 (memorando en el Anexo 3) por 5 años hasta 2026 inclusive y se comprometió a gastar 20 millones de dólares en los primeros 4 años para realizar trabajos geofísicos y realizar perforaciones exploratorias por un valor de 10 millones de dólares en el final. año 2026. A la empresa se le concedió el derecho de explorar aproximadamente 9.500 km² cerca de Adelaide, particularmente en la parte sur de la Península Yorke y la Isla Canguro (a continuación en la Fig. 2 se muestra un esquema del área de la licencia).

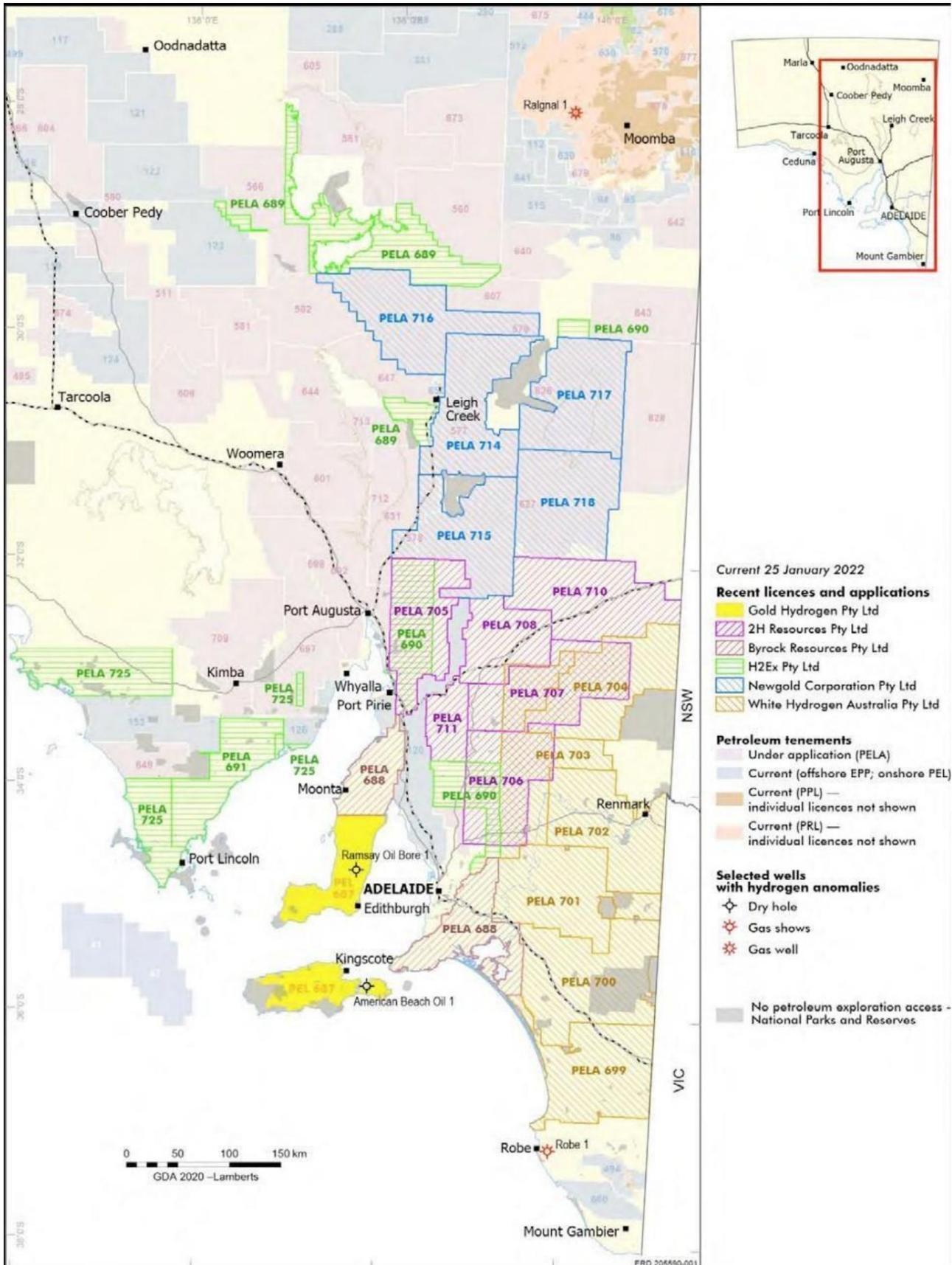
El objetivo de Gold Hydrogen es convertirse en la primera empresa de Australia en producir, utilizar y vender hidrógeno natural, que la empresa denomina "una fuente inagotable de energía verde".

Áreas rusas prometedoras para la búsqueda de depósitos naturales de hidrógeno.

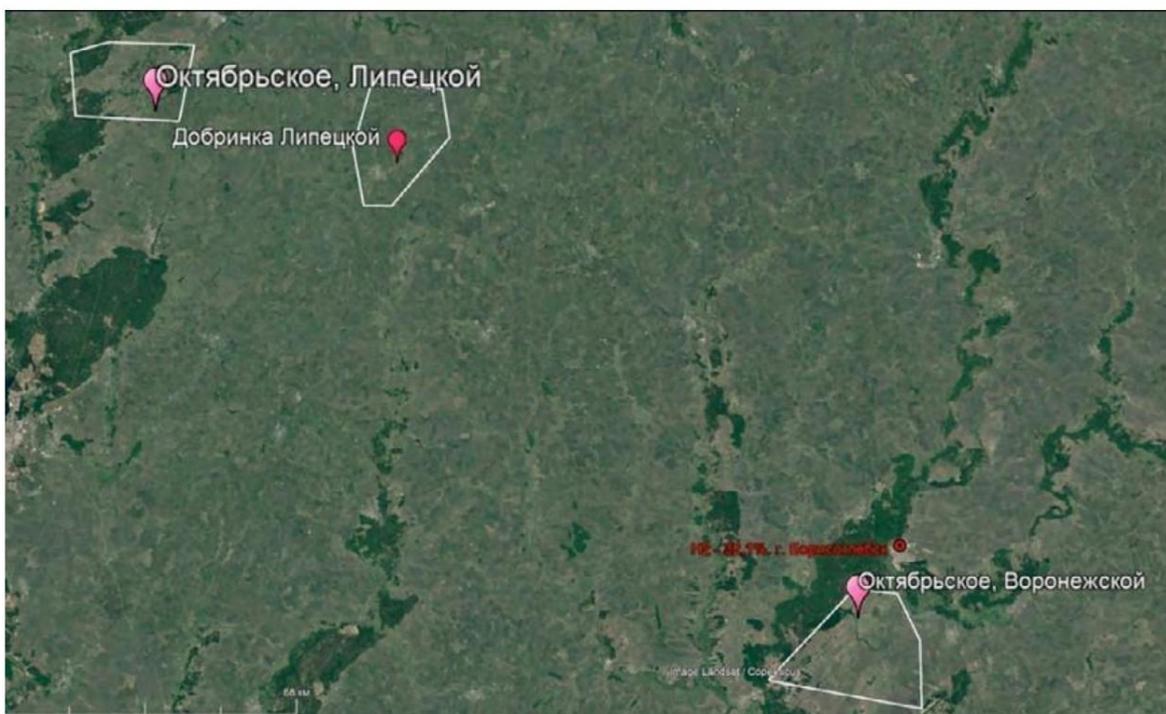
Teniendo en cuenta las características logísticas de los territorios prometedores, es necesario concentrarse en los flancos de los campos de hidrógeno de las regiones de Voronezh y Lipetsk, conscientes de que los propios círculos de hidrógeno no son prometedores para la búsqueda de depósitos. Se puede afirmar con un alto grado de confianza que los propios campos de hidrógeno, desarrollados en todos los continentes, son los segundos lugares más importantes (después de las dorsales oceánicas) de desgasificación del hidrógeno en la Tierra.

A continuación, las Figuras 5, 6 y 7 muestran mapas de Google de todas las áreas a mayor escala. Teniendo en cuenta las grandes áreas de exploración, es necesario comenzar la búsqueda con trabajos geofísicos aéreos.

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

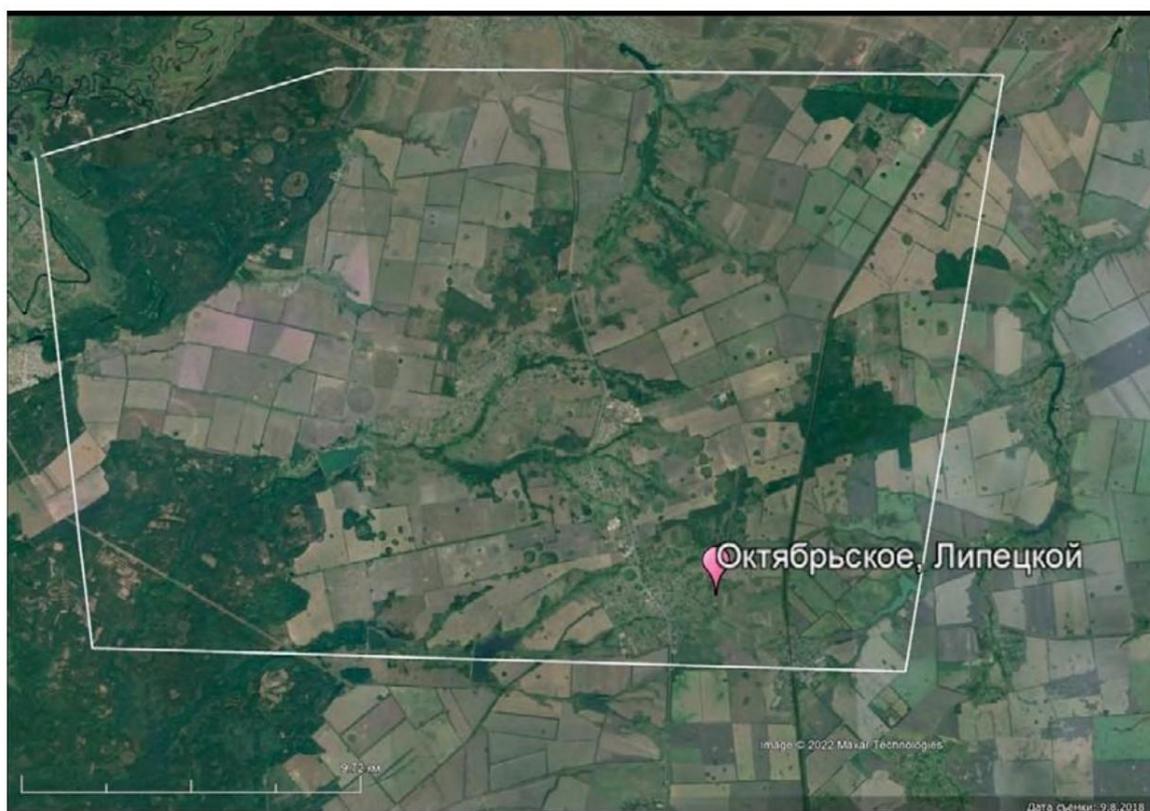


Arroz. 3.
18 licencias en Australia del Sur para exploración de hidrógeno natural



Arroz. 4.

Tres zonas prioritarias para la búsqueda de depósitos naturales de hidrógeno: Oktyabrskoye y Dobrinka en la región de Lipetsk y Oktyabrskoye en la región de Voronezh.



Arroz. 5.

Campo de hidrógeno de Oktyabrskoe en la región de Lipetsk.

Métodos aerogeofísicos para motores de búsqueda la búsqueda de hidrógeno.

1 métodos aeromagnéticos

Principales tareas a resolver:

• mapeo estructural-tectónico con definir jerarquía, relaciones y cinemática de las principales fallas;

• identificación de zonas mineralizadas, zonas skarn;

• mapeo de cuerpos intrusivos de varios composición, tanto saliendo a la superficie como enterrado;

• identificación y mapeo de zonas de metasomatismo.

Aquí y a continuación, las tareas más relevantes para la búsqueda de una posible localización de depósitos naturales de hidrógeno están resaltadas en cursiva y subrayadas.

2 espectrometría aerogamma

Principales tareas a resolver:

• identificación de elementos geológicos estructuras del territorio estudiado;

• búsqueda de depósitos de materias primas radiactivas;

• estudio de la naturaleza e intensidad de la manifestación de procesos superpuestos (metasomatosis) y búsqueda de depósitos hidrotermales;

• monitoreo ambiental remoto

anillo, incluida la evaluación de la contaminación por radiación de territorios (Cesio-137);

• estudio de perspectivas de petróleo y gas territorios.

3 Aerogravimetría

Principales tareas a resolver:

• mapeo estructural-tectónico cimientos enterrados;

• identificación de estructuras que son prometedoras para localización de hidrocarburos;

• mapeo de las formaciones más contrastantes de la cubierta sedimentaria, principalmente estratos salinos, así como formaciones intrusivas;

• mapeo de fallas, en incluido posibles dislocaciones de empuje y zonas fracturamiento;

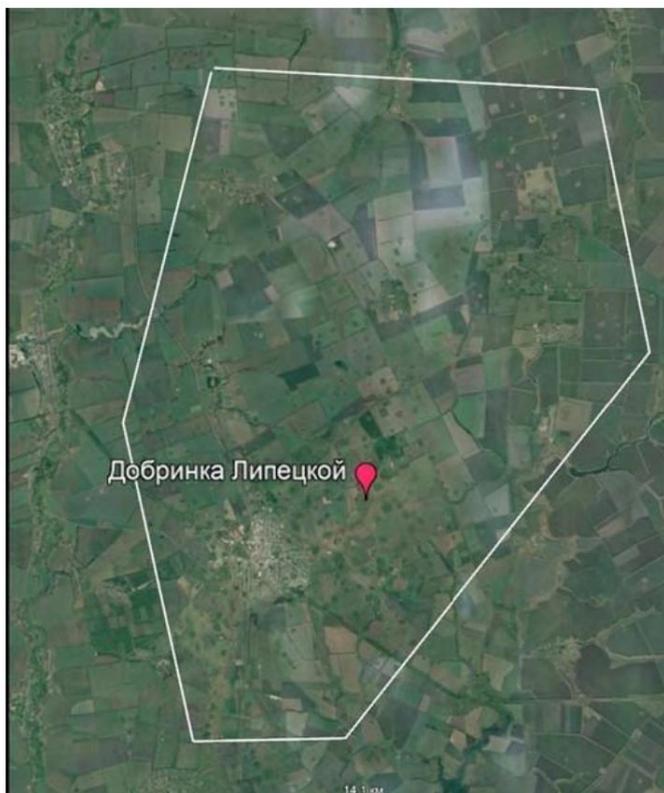
Prospección eléctrica de 4 pulsos

Principales tareas a resolver:

• búsquedas detalladas de depósitos de sulfuros de cobre y níquel y minerales polimetálicos de plomo y zinc;

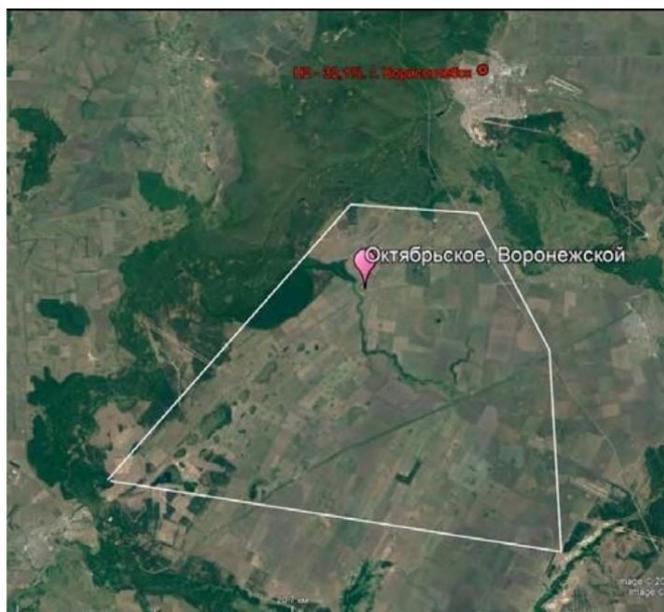
• estudio de la estructura interna de las zonas tectónicas que controlan los minerales y localización de las perturbaciones que localizan los minerales lateralmente y en profundidad;

• identificar detalles de zonas de cambios superpuestos;



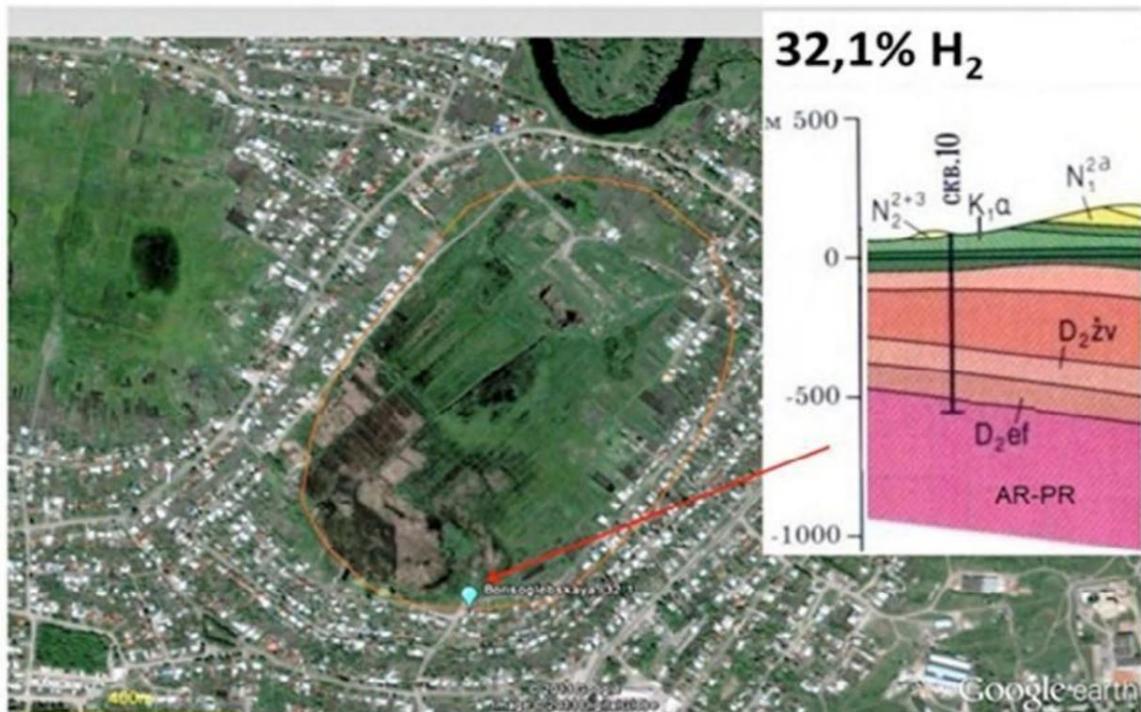
Arroz. 6.

Campo de hidrógeno de Dobrinka en la región de Lipetsk



Arroz. 7.

Campo de hidrógeno de Oktyabrskoe en la región de Voronezh, lo que indica un pozo en Borisoglebsk, donde se descubrió una desgasificación de H₂ del 32,1% en el flanco norte del campo de hidrógeno.



Arroz. 8.

Un pozo anómalo en Borisoglebsk, en el flanco norte del campo de hidrógeno de Oktyabrsky, donde se obtuvo un influjo de H₂ del 32,1%

• estudio de la estructura geológica de la parte superior del tramo mediante análisis detallado

sondeo;

- cartografía de paleovalles y karsts;
- evaluación de los límites espaciales de distribución

viajes por aguas subterráneas;

- análisis del estado criogénico de los suelos,

mapeo de zonas de permafrost;

- creación de mapas físicos con geoelectricidad

Cortes chinos.

Teniendo en cuenta lo anterior, el principal trabajo geofísico aéreo para localizar las áreas más prometedoras para los depósitos naturales de hidrógeno es la aerogravimetría y la aerogravimetría.

métodos magnéticos.



UDC 330.33.01; 620.92

VP Polevanov Doctor en Ciencias Geológicas y Mineralógicas, Académico de la Academia de Ciencias de Rusia, Director Adjunto de Informatización del Uso del Subsuelo – Geólogo Jefe de FGKU “Rosgeolexpertiza”, vpolevanov@rgexp.ru

Resumen: En el artículo, por primera vez en la práctica rusa, se consideran los entornos geológicos más prometedores, donde es más probable que se encuentren depósitos naturales de hidrógeno, incluidas rocas ígneas básicas y ultrabásicas, que crean una amplia gama de entornos con hidrógeno. gas rico en forma de gas libre, gas disuelto y capturado por inclusiones fluidas en ofiolitas, zonas de rift, fallas y desgasificación atmosférica en gases volcánicos, géiseres, fuentes termales y Salidas de gas en superficie. Las vetas de carbón (absorbidas) y/o carbonatos (absorbidos) tienen un alto potencial para el almacenamiento de hidrógeno, fallas profundas en el sótano que pueden provocar migración y, en ubicaciones favorables, concentraciones de fuentes difusas de H₂.

Los campos de desarrollo de círculos mágicos (circunferencias), que por sí solos no pueden ser concentradores de depósitos naturales de hidrógeno, pero indican que en esta zona se produce la desgasificación del hidrógeno natural y la tarea de la prospección es encontrar lugares de posibles trampas para la formación de depósitos. en los flancos de campos circunferenciales de hidrógeno.

Teniendo en cuenta las características logísticas de los territorios prometedores de Rusia, es necesario centrarse en los flancos de los campos de hidrógeno. de las regiones de Voronezh y Lipetsk, conscientes claramente de que los propios círculos de hidrógeno no tienen perspectivas de encontrar depósitos.

Palabras clave: hidrógeno, energía innovadora, ingeniería energética, circulaciones, desgasificación del hidrógeno, exploración geológica, fluidos, energía mundial, tecnologías verdes.



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