



V.P. Polevanov

Docteur en sciences géologiques et minéralogiques,
académicien de l'Académie russe des
sciences naturelles, directeur adjoint pour
l'informatisation de l'utilisation du sous-sol - Géologue
en chef de l'Institution fédérale de l'État
"Rosgeolexpertiza" vpolevanov@rgexp.ru

HYDROGÈNE NATUREL. PRÉLIMINAIRE GUIDE DE RECHERCHE.

Dans l'article, pour la première fois dans la pratique russe, les contextes géologiques les plus prometteurs sont pris en compte, où les gisements sont les plus susceptibles d'être trouvés. L'hydrogène naturel comprend les roches ignées mafiques et ultramafiques qui créent un large éventail d'environnements gazeux riches en hydrogène sous forme de gaz libre, de gaz dissous et piégés dans des inclusions fluides dans les ophiolites, les zones de rift, les failles et le dégazage atmosphérique dans les gaz volcaniques, les geysers, les sources chaudes et la surface. sorties de gaz. Les veines de charbon (absorbées) et/ou les carbonates (absorbés) ont un potentiel élevé de accumulation d'hydrogène, failles profondes dans la fondation, qui peuvent assurer la migration et, dans des endroits favorables, la concentration de sources diffuses de H₂.

Domaines de développement des cercles de fées (circumvents), qui ne peuvent en eux-mêmes être des concentrateurs de gisements naturels d'hydrogène, mais indiquent que dans un temps donné un dégazage de l'hydrogène naturel se produit dans la zone et la tâche des travaux de prospection est de trouver des pièges potentiels pour la formation de dépôts sur les flancs des champs de circulation d'hydrogène.

Compte tenu des caractéristiques logistiques des territoires prometteurs de Russie, il est nécessaire de se concentrer sur les flancs des champs d'hydrogène des régions de Voronej et de Lipetsk, en réalisant clairement que les cercles d'hydrogène eux-mêmes ne sont pas prometteurs pour la recherche de gisements.

Mots clés : hydrogène, énergie innovante, énergie, circulation, dégazage de l'hydrogène, exploration géologique, fluides, énergie globale, technologies vertes.



Les indicateurs géologiques les plus prometteurs de la localisation possible des gisements naturels d'hydrogène

Les infiltrations superficielles d'H₂, observées directement (mesurées) ou indirectement (anneaux d'hydrogène, cercles de fées, circulations) sont l'expression soit d'un manque d'étanchéité efficace, soit d'une fuite d'étanchéité.

et ne sont donc pas prometteurs pour la découverte de gisements naturels d'hydrogène.

Cependant, le paramètre le plus important pouvant être obtenu à partir de la circulation des fuites de H₂ est sa valeur, qui constitue un bon guide pour déterminer la taille de la ressource H₂ sous-jacente et sa durabilité. Toutefois, l'échantillonnage ponctuel de la surface n'est pas recommandé. Au lieu de cela, un programme de surveillance continue d'au moins 24 heures dans plusieurs zones proches est fortement recommandé.

points de surveillance localisés.

En prenant en compte l'ensemble des données accumulées dans le monde, il est possible de définir les contextes géologiques les plus prometteurs où les gisements naturels d'hydrogène sont les plus susceptibles de se trouver.

Ces domaines comprennent :

1. Les roches ignées créent un large éventail d'environnements gazeux riches en hydrogène, sous forme de gaz libres, de gaz dissous et piégés dans des inclusions fluides dans les ophiolites, les zones de rift, les failles et le dégazage atmosphérique dans les gaz volcaniques, les geysers, les sources chaudes et les gaz de surface. sorties.

2. Les conduites de kimberlite sont rarement associées à du gaz riche en hydrogène, mais c'est dans celles-ci que les débits records d'hydrogène naturel ont été découverts aujourd'hui - la conduite d'Udachnaya en Yakoutie, où le débit était de 100 000 m³ par jour.

3. Les gisements minéralisés sont souvent des lieux d'accumulation, tant dans les roches ignées que sédimentaires.

4. Les couches de charbon (absorbées) et/ou les carbonates (absorbés) ont un potentiel élevé d'accumulation d'hydrogène.

5. À l'intérieur des inclusions de fluide gaz-eau, plus la roche est ancienne, plus la teneur en H₂ est élevée, car le temps est le principal facteur contrôlant le degré. pour le bien de

lyse de l'eau impliquant la désintégration radioactive du ²³⁵U, ²³⁸U, ²³²Th et ⁴⁰K.

6. Les sulfates évaporitiques peuvent stocker de grandes quantités de H₂ (jusqu'à 20 à 30 % en volume), et l'halite à haute teneur en potassium (par exemple, les dépôts de K-potassium) fournit également une source hydrolytique radiogénique de H₂ via un intermédiaire métallique de calcium (Ca), qui avec le sel, c'est un bon écran pour l'accumulation d'hydrogène.

7. Les champs de pétrole et de gaz ne contiennent généralement pas de grandes quantités de H₂. Cependant, pour les champs à forte teneur en H₂, la production de H₂ peut être rentable, surtout lorsqu'elle est obtenue.

gaz liquéfié.

La forte réactivité de H₂ affecte la structure et la composition chimique de la roche, ce qui là où il traverse, par exemple, la résistance mécanique des carbonates diminue (Levshunova, 1991), accélère potentiellement le développement de défauts, se produisant dans des conditions de stress avec la création de routes de migration supplémentaires. La teneur en H₂ des puits augmente généralement avec la profondeur. Cependant, il est déjà possible d'identifier un certain nombre de cibles potentielles, chacune possédant ses propres caractéristiques spécifiques pour la génération, la migration et la rétention de H₂ (Fig. 1).

Il résulte de la figure que jusqu'à présent seuls trois types de tamis pour la concentration de l'hydrogène naturel sont possibles : les seuils de roches basiques (déjà installés au Mali, où le seul gisement d'hydrogène naturel aujourd'hui a été trouvé sous un tamis de dolérites), le sel stocks et schistes. Pour rechercher des gisements d'eau naturels

Les facteurs suivants sont les plus importants :

I. la présence de roches ultramafiques et mafiques riches en fer, notamment le socle archéen, dont les roches peuvent être

sources potentielles de H₂ radiolytique et hydrolytique.

II. des failles profondes du socle, qui peuvent permettre une migration et, dans des endroits favorables, une concentration de sources diffuses d'H₂.

III. Il existe un potentiel de réservoir en profondeur à la limite entre le socle et les roches sédimentaires (Fig. 1). Par exemple, le gaz naturel du puits Mt Kitty 1 (bassin Amadeus) contient 11 % en mole de H₂ dans un socle igné fracturé directement recouvert de roches sédimentaires.

IV. Domaines de développement de cercles de fées (circumvents), qui en eux-mêmes ne peuvent pas être des concentrateurs de gisements d'hydrogène naturel, mais indiquent que dans cette zone il y a un dégazage de l'hydrogène naturel et que la tâche des travaux de prospection est de trouver des lieux de pièges potentiels pour la formation de gisements

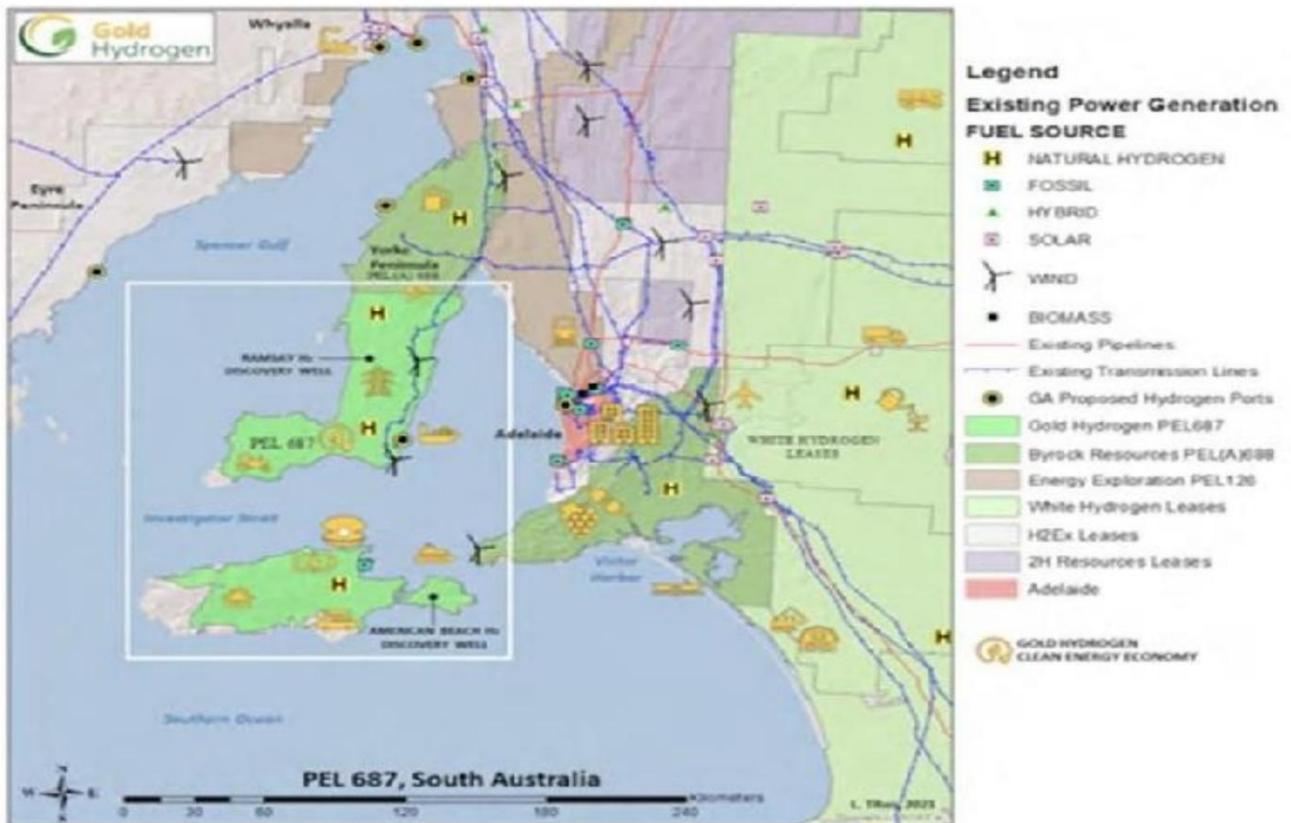
La « fièvre de la recherche d'hydrogène » australienne.

Actuellement, la « ruée vers l'hydrogène » consistant à rechercher de l'hydrogène naturel s'est répandue dans toute l'Australie. Chaque État a développé et adopté un programme de recherche d'hydrogène naturel. L'État d'Australie-Méridionale est en tête. Selon



Riz. 1

Systématisation source-migration-accumulation pour l'exploration de H2 dans des contextes conventionnels et non conventionnels. La teneur en H2 des champs pétrolières (1 et 2) est probablement complétée par du H2 provenant de sources abiogéniques (3). H2a = migration advective et H2d = migration diffusive H2.



Riz. 2. Permis d'exploration de la société Gold Hydrogen d'une superficie de 9 500 m². 6 avril 2022

Selon le cabinet australien de conseil en énergie EnergyQuest, six sociétés différentes ont reçu ou demandé 18 licences d'exploration pétrolière en Australie-Méridionale au cours des 12 derniers mois. Collectivement, la superficie couverte par le permis est d'environ 570 000 kilomètres carrés (km²), soit 32 % du total.

État, a constaté le cabinet de conseil, qualifiant cet afflux soudain de « boom ».

Le boom a commencé après que le ministère de l'Énergie et des Mines a publié un document explicatif sur

licences pour les activités hydrogène. Le projet de loi de 2021 sur le pétrole et l'énergie géothermique (ressources énergétiques) propose d'élargir la portée actuelle des dispositions de la loi de 2000 sur le pétrole et l'énergie géothermique. (Loi) pour inclure la production d'hydrogène à partir de moyens qui ne sont plus autorisés en vertu de la loi actuelle, comme l'électrolyse de l'eau. Les modifications proposées visent à fournir à tous les secteurs de production d'hydrogène les mêmes meilleures pratiques réglementaires et le même traitement gouvernemental à guichet unique actuellement accordé à l'industrie pétrolière et gazière en vertu de la loi actuelle. Il est proposé d'y parvenir en introduisant dans la loi des licences spécifiques pour l'énergie hydrogène. En conséquence, il est proposé que les dispositions existantes de la Loi, telles que les dispositions sur l'approbation environnementale (par le biais d'énoncés d'objectifs environnementaux), la consultation, l'approbation d'activités, la conformité et la déclaration, s'appliquent.

appliqué aux projets d'hydrogène autorisés conformément à la loi.¹

Le 1er février 2021, le Règlement de 2013 sur le pétrole et l'énergie géothermique a été modifié pour déclarer l'hydrogène, les composés hydrogènes et les sous-produits de l'hydrogène comme substances contrôlées en vertu de la Loi de 2000 sur le pétrole et l'énergie géothermique. Les entreprises peuvent désormais postuler pour explorer l'hydrogène naturel via le PEL, et le transfert d'hydrogène ou de composés hydrogènes peut désormais

permis en vertu des dispositions relatives aux licences de pipeline de la Loi PGE. L'examen actuel de la loi de 2000 sur le pétrole et l'énergie géothermique suggère

en faire un « guichet unique » pour l'hydrogène sous un nouveau nom – le ressources énergétiques.

Des informations sur les projets d'exploration de l'hydrogène en cours sont disponibles dans la section Licences d'exploration pétrolière de l'État de la page Web Projets d'intérêt public.

Sur la fig. 2 montre un schéma du résultat obtenu licences pour la recherche d'hydrogène naturel.

Il est particulièrement intéressant de noter que l'une des entreprises qui a reçu le meilleur, à mon avis, dans le domaine de la recherche d'hydrogène naturel s'appelle « Gold Hydrogen Pty Ltd ». Professeur John Gluyas

fut le premier à utiliser le terme « eau dorée » genre" pour décrire ce type d'hydrogène naturel, pour le distinguer de « l'hydrogène gris », qui produit à partir d'énergies fossiles, « l'hydrogène bleu », qui capte ou enfouit les déchets CO₂ ou « l'hydrogène vert », l'hydrogène,

obtenu par électrolyse de l'eau. L'entreprise qui a été la première à utiliser ce terme à succès bénéficie d'avantages concurrentiels.

Gold Hydrogen Pty Ltd a reçu un permis d'exploration 687 (mémoire en annexe 3) pour 5 ans jusqu'en 2026 inclus et s'est engagé à dépenser 20 millions de dollars au cours des 4 premières années pour effectuer des travaux géophysiques et effectuer des forages exploratoires d'une valeur de 10 millions de dollars au cours de la dernière année. année 2026. La société a obtenu le droit d'explorer environ 9 500 km² près d'Adélaïde, en particulier dans la partie sud de la péninsule de Yorke et de l'île Kangourou (un aperçu de la zone de licence est présenté ci-dessous sur la figure 2).

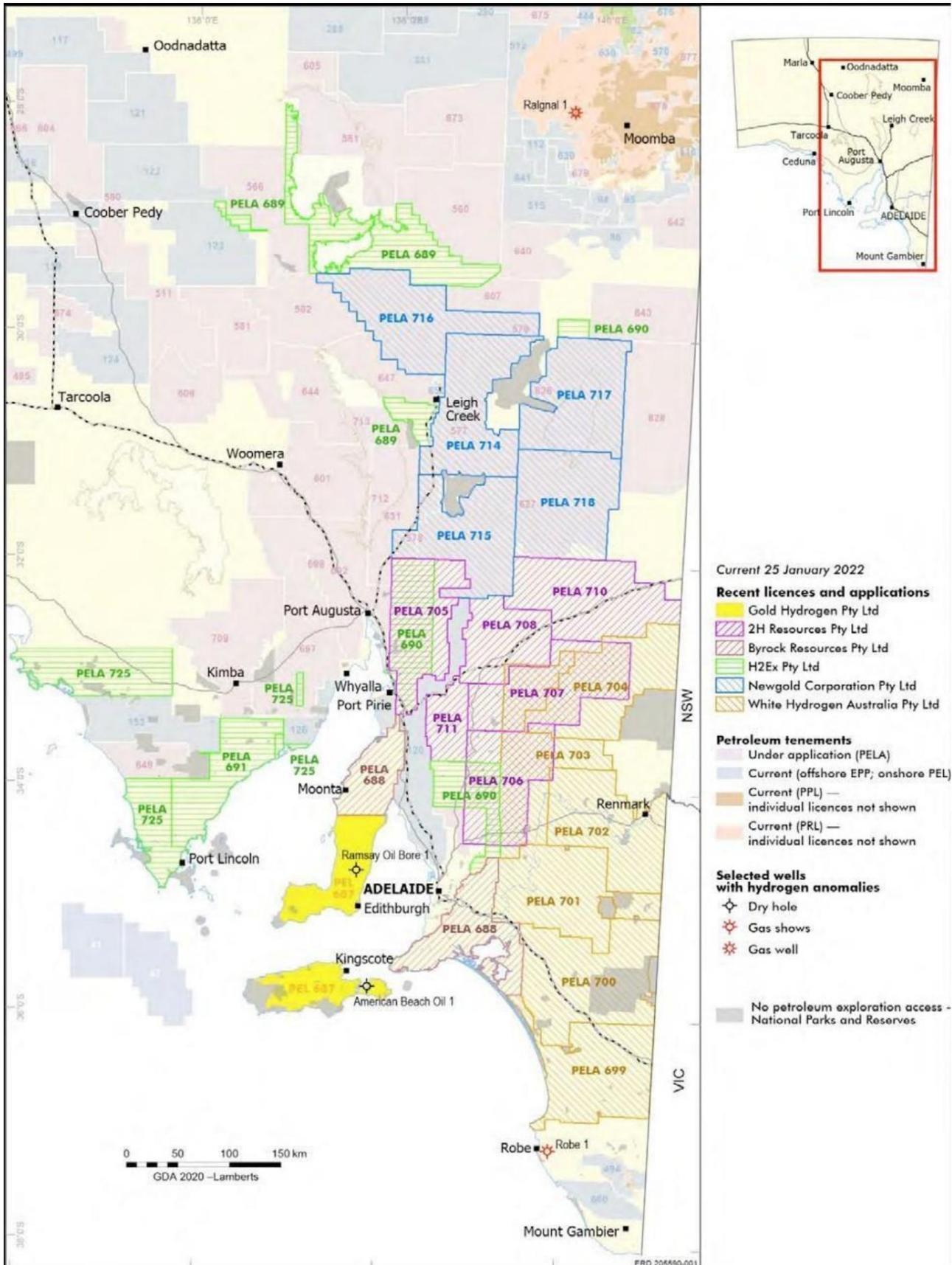
L'objectif de Gold Hydrogen est de devenir la première entreprise en Australie à produire, utiliser et vendre de l'hydrogène naturel, que l'entreprise qualifie de « source inépuisable d'énergie verte ».

Des zones russes prometteuses pour la recherche de gisements naturels d'hydrogène.

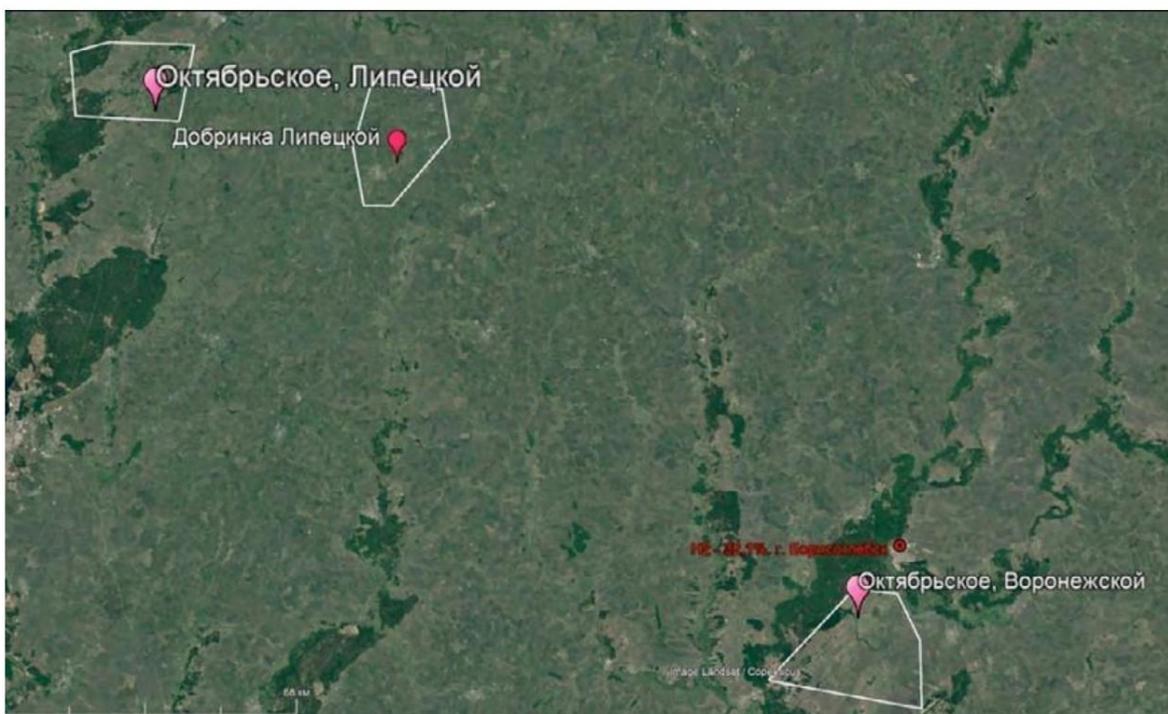
Compte tenu des caractéristiques logistiques des territoires prometteurs, il est nécessaire de se concentrer sur les flancs des champs d'hydrogène des régions de Voronej et de Lipetsk, en sachant clairement que les cercles d'hydrogène eux-mêmes ne sont pas prometteurs pour la recherche de gisements. On peut affirmer avec un haut degré de confiance que les gisements d'hydrogène eux-mêmes, développés sur tous les continents, sont les deuxièmes lieux de dégazage d'hydrogène les plus importants (après les dorsales médio-océaniques) de la Terre.

Ci-dessous, les figures 5, 6 et 7 montrent des cartes Google de toutes les zones à plus grande échelle. Compte tenu de l'étendue des zones d'exploration, il est nécessaire de commencer les recherches par des travaux géophysiques aéroportés.

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

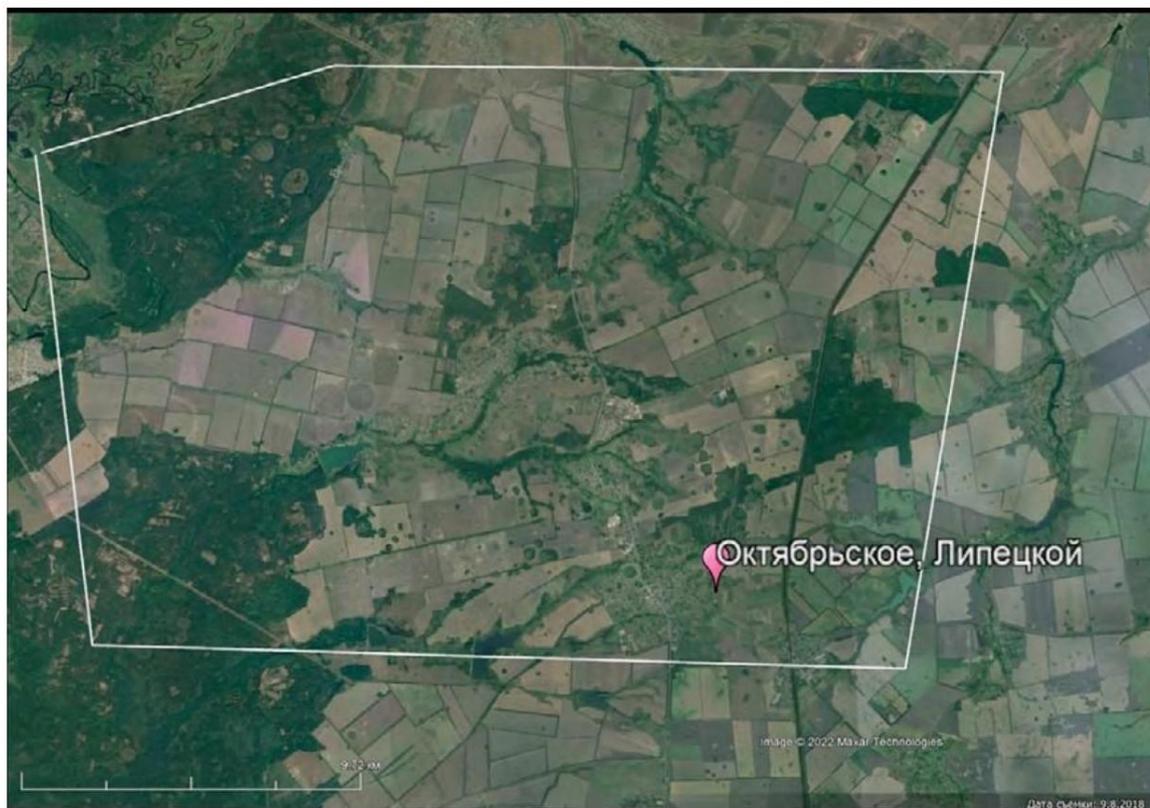


Riz. 3.
18 licences en Australie-Méridionale pour l'exploration de l'hydrogène naturel



Riz. 4.

Trois zones prioritaires pour la recherche de gisements naturels d'hydrogène : Oktyabrskoye et Dobrinka dans la région de Lipetsk et Oktyabrskoye dans la région de Voronej.



Riz. 5.

Champ d'hydrogène d'Oktyabrskoe dans la région de Lipetsk.

Méthodes aérogéophysiques moteurs de recherche pour la recherche de l'hydrogène.

1 Méthodes aéromagnétiques

Principales tâches à résoudre :

• cartographie structurale-tectonique avec
définir la hiérarchie, les relations et
cinématique des principales failles :

- identification des zones minéralisées, des zones de skarns ;

• cartographie des corps intrusifs de diverses
composition, à la fois remontant à la surface et
enterré:

- identification et cartographie des zones de métasomatisme.

Ici et ci-dessous, les tâches les plus pertinentes pour la recherche d'une éventuelle localisation de gisements naturels d'hydrogène sont mises en évidence en italique et soulignées.

2 Spectrométrie aérogamma

Principales tâches à résoudre :

• identification des éléments géologiques
les structures du territoire étudié ;
• recherche de gisements de matières premières radioactives ;
• étude de la nature et de l'intensité de la manifestation de processus superposés (métasomatose) et recherche de gisements hydrothermaux ;

• surveillance environnementale à distance
anneau, y compris l'évaluation de la contamination radioactive
tion des territoires (Césium 137) ;
• étude des perspectives pétrolières et gazières
territoires.

3 Aérogravimétrie

Principales tâches à résoudre :

• cartographie structurale et tectonique
fondation enterrée:

• identification des structures prometteuses pour
localisation d'hydrocarbures;

• cartographie des formations les plus contrastées de la
couverture sédimentaire, principalement des strates salines, ainsi
que des formations intrusives :

• cartographie des défauts, en
y compris possibles dislocations et zones de poussée
fracturation:

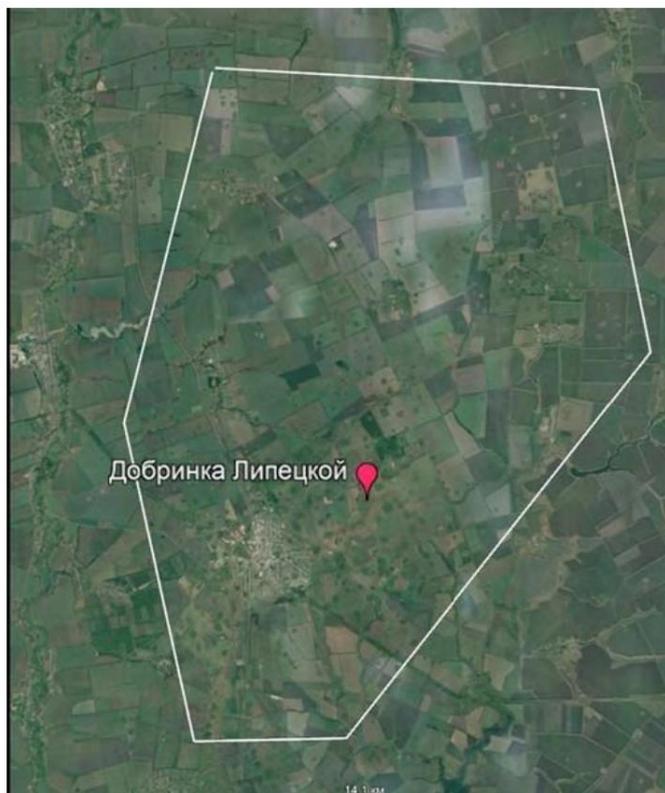
4 Prospection électrique pulsée

Principales tâches à résoudre :

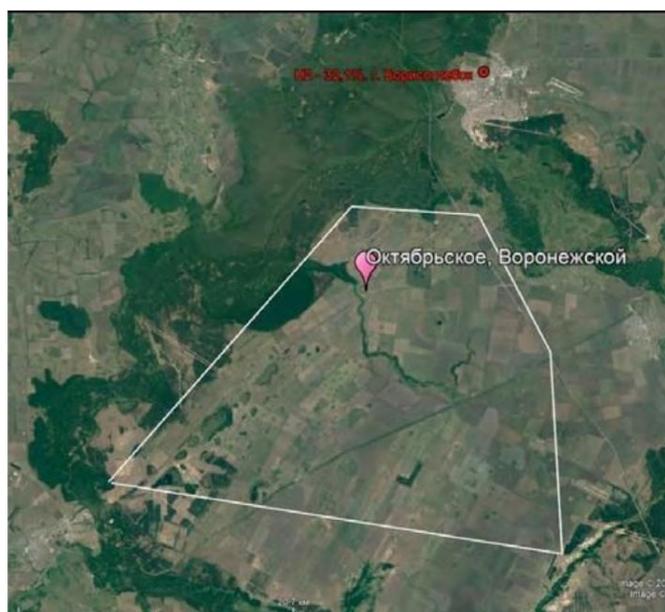
• recherches détaillées de gisements de sulfures de cuivre-nickel et de minerais polymétalliques de plomb-zinc ;

• étude de la structure interne des zones tectoniques contrôlant le minéral et traçage des perturbations localisant le minéral latéralement et en profondeur ;

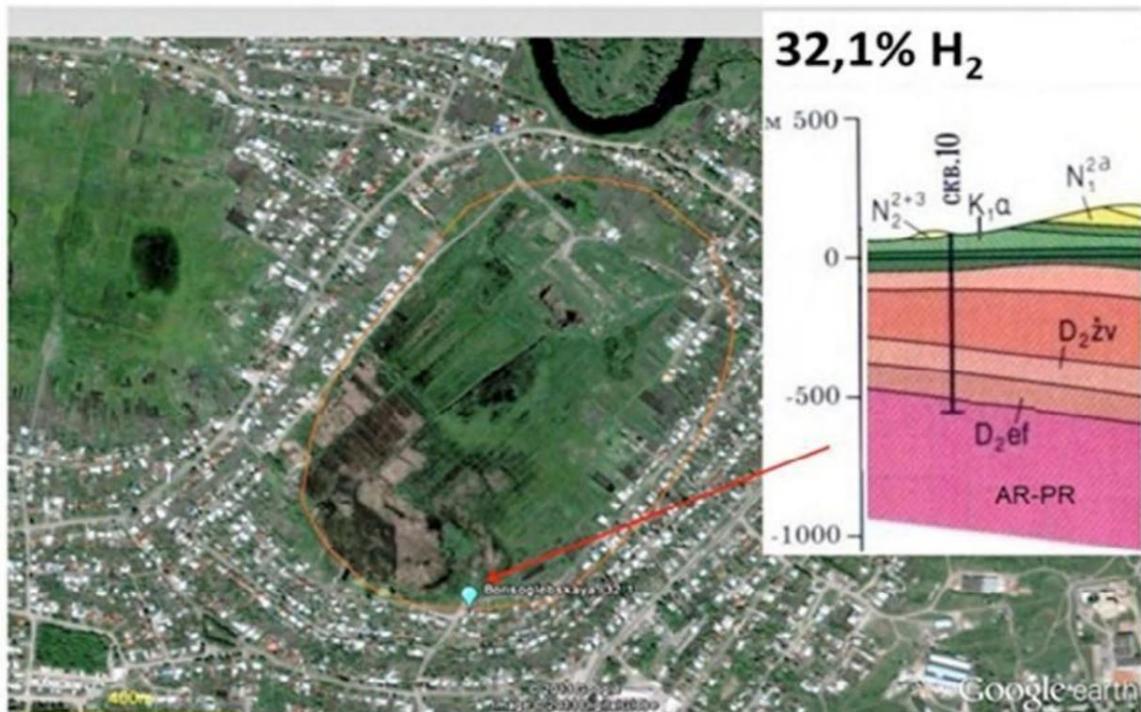
- identifier les détails des zones de changements superposés ;



Riz. 6.
Champ d'hydrogène de Dobrinka dans la région de Lipetsk



Riz. 7.
Champ d'hydrogène d'Oktyabrskoe dans la région de Voronej, indiquant un puits à Borisoglebsk, où un dégazage de H₂ de 32,1 % a été découvert sur le flanc nord du champ d'hydrogène.



Riz. 8.

Un puits anormal à Borisoglebsk sur le flanc nord du champ d'hydrogène d'Oktyabrsky, où un afflux de H₂ de 32,1 % a été obtenu

• étude de la structure géologique de la partie supérieure de la section à travers des sondage;

- cartographie des paléovallées et des karsts ;
- évaluation des limites spatiales de distribution déplacements sur les eaux souterraines;
- analyse de l'état cryogénique des sols, cartographier les zones de pergélisol ;

• création de cartes physiques avec géoélectrique Coupes chinoises.

Compte tenu de ce qui précède, les principaux travaux géophysiques aéroportés visant à localiser les zones les plus prometteuses pour les gisements naturels d'hydrogène sont l'aérogéométrie et l'aérogéométrie.

méthodes magnétiques.



CDU 330.33.01 ; 620.92

VP Polevanov Docteur en sciences géologiques et minéralogiques, académicien de l'Académie des sciences de Russie, directeur adjoint pour l'informatisation de l'utilisation du sous-sol – géologue en chef du FGKU « Rosgeolexpertiza », vpolevanov@rgexp.ru

Résumé : Dans l'article, pour la première fois dans la pratique russe, les contextes géologiques les plus prometteurs sont pris en compte, où les gisements naturels d'hydrogène sont les plus susceptibles de se trouver, y compris les roches ignées basiques et ultrabasiques, qui créent un large éventail d'environnements avec de l'hydrogène - gaz riche sous forme de gaz libre, de gaz dissous et capté par des inclusions fluides dans les ophiolites, les zones de rift, les failles et le dégazage atmosphérique dans les gaz volcaniques, les geysers, les sources chaudes et sorties de gaz de surface. Les veines de charbon (absorbées) et/ou les carbonates (absorbés) ont un potentiel élevé de stockage d'hydrogène, des failles profondes du socle qui peuvent permettre une migration et, à des endroits favorables, des concentrations de sources diffuses de H₂.

Les domaines de développement des cercles de fées (circonférences), qui en eux-mêmes ne peuvent pas être des concentrateurs de gisements d'hydrogène naturel, mais indiquent que le dégazage de l'hydrogène naturel se produit dans cette zone et que la tâche de prospection est de trouver des lieux de pièges potentiels pour la formation de gisements sur les flancs des champs circonférentiels d'hydrogène.

Compte tenu des caractéristiques logistiques des territoires prometteurs en Russie, il est nécessaire de se concentrer sur les flancs des champs d'hydrogène des régions de Voronej et de Lipetsk, réalisant clairement que les cercles d'hydrogène eux-mêmes n'ont aucune perspective de trouver des gisements.

Mots clés : hydrogène, énergies innovantes, ingénierie énergétique, circulations, dégazage de l'hydrogène, exploration géologique, fluides, énergies mondiales, technologies vertes



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