

пластины олистостром с аномально низкими магнитными свойствами (рис. 4 Г). Данные пластины олистостром, по-видимому, рудную минерализацию не несут.

Все вышеперечисленные и отраженные на моделях 3D геолого-структурные, глубинно-плотностные и магнитометрические характеристики объема недр, вмещающего в себя рудный узел (РУ) скарнового шеелит-сульфидного месторождения Восток-2, рекомендуется использовать для выделения и оконтуривания на территории СААСО (рис. 1) потенциальных вольфрамоносных обстановок рангов: рудный узел ($n \times 100 \text{ км}^2$) — рудное поле ($n \times 10 \text{ км}^2$) [9, 10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гвоздев, В.И. Рудно-магматические системы скарновых шеелит-сульфидных месторождений Востока России / В.И. Гвоздев. — Владивосток: Дальнаука, 2010. — 338 с.
2. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 т. / Под ред. А.И. Ханчук. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — Т. 1/2. — 982 с.
3. ГК РФ. Масштаб 1:1000000 (третье поколение), лист L-(52), 53; (K-52, 53) — оз. Ханка. Объяснительная записка / Ред. А.Ф. Васкин. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2011. — 684 с.
4. Петров, А.В. Компьютерная технология статистического и спектрально-корреляционного анализа данных КОСКАД 3D / А.В. Петров, С.В. Зиновкин, Д.Ю. Осипенков, Д.Б. Юдин // Геоинформатика. — 2011. — № 4. — С. 7–13.

5. Родионов, С.М. Глубинное строение уникальных рудоносных структур Дальнего Востока / Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых / С.М. Родионов, Ю.Ф. Малышев, М.В. Горошко и др. — М.: ИГЕМ, 2006. — Т. 1. — С. 103–130.
6. Соловьев, С.Г. Скарновое золото-полиметалльно-вольфрамовое месторождение Восток-2 (Центральный Сихотэ-Алинь, Россия) / С.Г. Соловьев, Н.Н. Кривошеков // Геология рудных месторождений. — 2011. — Т. 53. — № 6. — С. 543–568.
7. Уткин, В.П. Сдвиговый геодинамический режим формирования вулканоплутонических поясов Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода / В.П. Уткин // Тихоокеанский рудный пояс: материалы новых исследований. — Владивосток: Дальнаука, 2008. — С. 321–339.
8. Ханчук, А.И. Геодинамика Востока России в мезо-кайнозой и золотое оруднение / А.И. Ханчук, В.В. Иванов / Геодинамика и металлогения. — Владивосток: Дальнаука, 1999. — С. 7–30.
9. Шашорин, Б.Н. Геологическое строение и ресурсно-сырьевой потенциал металллоносных территорий Северного Сихотэ-Алиня / Б.Н. Шашорин, В.В. Руднев, А.И. Макаров, Д.Е. Выдрич // Разведка и охрана недр. — 2017. — № 7. — С. 17–27.
10. Шашорин, Б.Н. Геолого-геофизическая модель Малмыжской рудно-магматической системы и возможности ее использования в прогнозировании (Северный Сихотэ-Алинь) / Б.Н. Шашорин, А.И. Макаров, В.В. Руднев, Д.Е. Выдрич // Разведка и охрана недр. — 2018. — № 2. — С. 8–16.

© Коллектив авторов, 2019

Шашорин Борис Николаевич // shashorin.boris@yadex.ru
Макаров Александр Иванович // vims@vims-geo.ru
Матвеева Елена Вениаминовна // matveeva@vims-geo.ru
Выдрич Денис Евгеньевич // devrich@mail.ru

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 556.012

Блажнов Я.Н., Егоров Н.Н. (ФГБУ «Гидроспецгеология»)

ОЦЕНКА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ИЗОЛИРОВАННОСТИ ПЛАСТОВ-КОЛЛЕКТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГЕЛИЕМЕТРИИ

В краткой форме приведены основные принципы использования результатов гелиеметрических исследований для оценки гидродинамической изолированности пластов-коллекторов. По результатам анализа на специализированной гидрогеологической карте показаны участки недр, неперспективные для захоронения, выделенные по наличию высококонтрастных гелиевых аномалий, и участки недр, требующие повышенного внимания при детальном исследовании в связи с наличием участков концентрации гелия выше фонового. **Ключевые слова:** карты приповерхностного поля гелия, оценка гидродинамической изолированности, пласт-коллектор, водно-гелиевая аномалия.

Blazhnov Ya.N., Egorov N.N. (Hydrospeztsgeologiya)
ESTIMATION OF A HYDRODYNAMIC ISOLATION OF RESERVOIR BEDS USING HELIOMETRY METHOD

The main principles of using results of heliometry researches for estimation of hydrodynamic isolation of reservoir beds are given in short form. Results of the analysis using special hy-

drogeological map indicate areas of the entrails unpromising for disposal. Those areas were defined by the presence of high-contrast helium anomalies. Also there are shown the entrails areas which demand high attention during detail research because of the presence of areas of high helium concentration above background level. **Keywords:** maps of the subsurface helium fields, estimation of hydrodynamic isolation, reservoir bed, water helium anomaly.

Одной из основных задач при создании карт условий захоронения жидких отходов производства является оценка изолированности пласта-коллектора, то есть выявление зон возможного нарушения сплошности слабопроницаемых толщ, разделяющих этажно-залегающие водоносные горизонты.

Среди комплекса методов по изучению и оценки гидродинамической изолированности пластов-коллекторов используется и метод гелиеметрии.

Так, при создании комплекта специальных гидрогеологических карт распространения глубокозалегающих водоносных горизонтов Европейской части Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 специалистами ФГБУ «Гидроспецгеология» были использованы карты приповерхностного гелия (геологический отчет «Оценка современной геодинамической активности Русской платформы на основе гелиеметрических данных», ГЕОТЕХВИМС, 2008 г.).

Теоретические основы применения гелиеметрического метода для решения геологических задач де-

тально изложены в работах [1, 3–7]; в настоящей работе в краткой форме приведены основные принципы использования результатов гелиеметрических исследований для оценки гидродинамической изолированности пластов-коллекторов при создании карт условий захоронения жидких отходов производства в глубоководные водоносные горизонты масштаба 1:1 000 000.

Основной причиной, обуславливающей формирование гелиевых аномалий в верхних слоях земной коры (зоне интенсивной циркуляции), служит конвективная миграция гелия с глубины. Перенос гелия в земной коре осуществляется обычно не в свободной фазе, а вместе с флюидами-носителями, преимущественно с подземными водами. Главным фактором, определяющим направленность и интенсивность переноса гелия, является гидродинамический. Распределение концентрации гелия свидетельствует об однонаправленности процесса фильтрации гелия из недр к поверхности под избыточным давлением.

При проведении водно-гелиевых исследований было установлено, что наиболее информативным уровнем с особо контрастным распределением концентрации гелия являются глубины порядка 50–150 м [7], что в целом соответствует зоне интенсивного (активного) водообмена. Фоновое содержание гелия в этой зоне составляет в зависимости от давления $(0,6–7) \times 10^{-5}$ мл/л и определяется тем количеством компонента, которое вносится в недра Земли метеогенными водами.

Многочисленные данные, полученные для различных платформенных районов Земли, показали, что наиболее активно восходящая миграция гелия осуществляется в проницаемых зонах тектонических дислокаций. Гелиевые аномалии, формирующиеся в этих зонах, обычно обладают высокой интенсивностью и имеют в плане линейно вытянутую форму. В природных условиях восходящая разгрузка гелия происходит не только по унаследованным зонам разломов земной коры, но и через гидрогеологические «окна» литолого-фациального происхождения. Это также конвективная форма переноса гелия, однако источником последнего являются осадочные водовмещающие породы, залегающие, как правило, под первым региональным водоупором на участках нарушения его сплошности. Здесь обычно образуются площадные слабоконтрастные аномалии. Следует отметить, что аномальные концентрации гелия могут быть вызваны суммарным действием обоих факторов (тектонического и литолого-фациального).

Конечным эффектом разгрузки корового гелия является формирование в приповерхностном слое гидросферы контрастного поля гелия с перепадом концентрации гелия до 3–5 порядков в различных его частях. Поскольку основным флюидом-носителем гелия служат подземные воды, наличие гелиевых аномалий в этой зоне свидетельствует об их связи с глубокими частями подземной гидросферы. Таким образом, данные гелиеносности подземных вод могут быть использованы для выявления

участков нарушения водоупорных толщ, отделяющих пласты-коллекторы, рекомендуемые для использования с целью захоронения жидких отходов производства от зоны активного водообмена.

При создании погоризонтных параметрических карт распространения водоносных горизонтов (комплексов), перспективных для размещения жидких отходов производства и разделяющих их водоупорных толщ, результаты гелиеметрии использовались для выделения участков взаимосвязи водоносных горизонтов зоны активного водообмена с нижележащими водоносными комплексами зоны замедленного и весьма замедленного водообмена, т.е. карта поля гелия позволяет дать предварительную оценку возможного нарушения сплошности слабопроницаемых толщ, разделяющих несколько этажно залегающих водоносных горизонтов.

В качестве примера предлагается рассмотреть результаты анализа карты приповерхностного гелия листа О-36 (рис. 1). Согласно карты поля гелия в пределах Нарва-Онежской моноклизы (район оз. Ильмень)

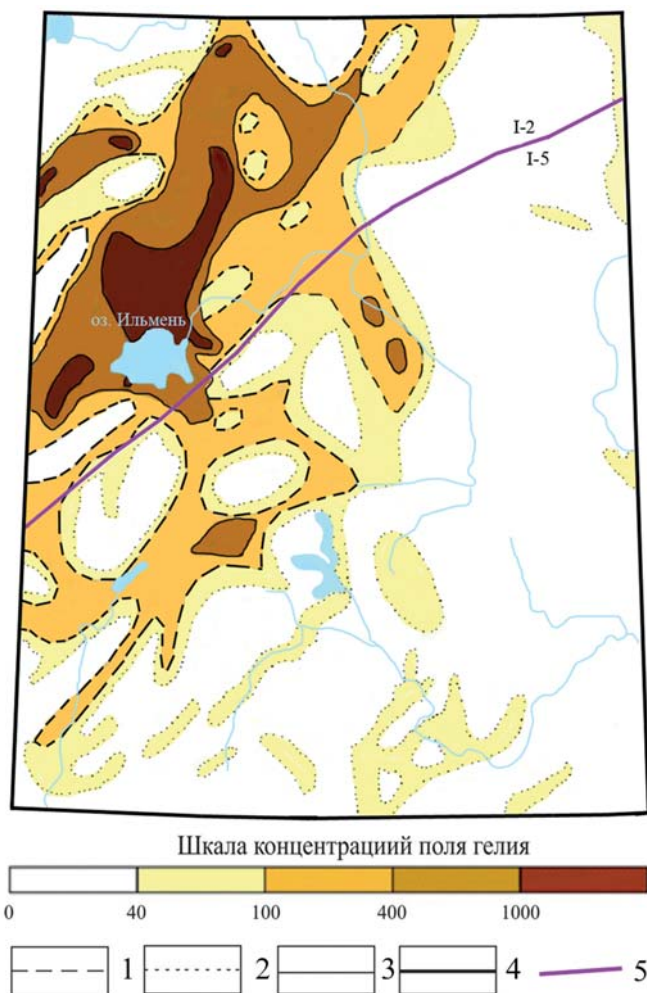


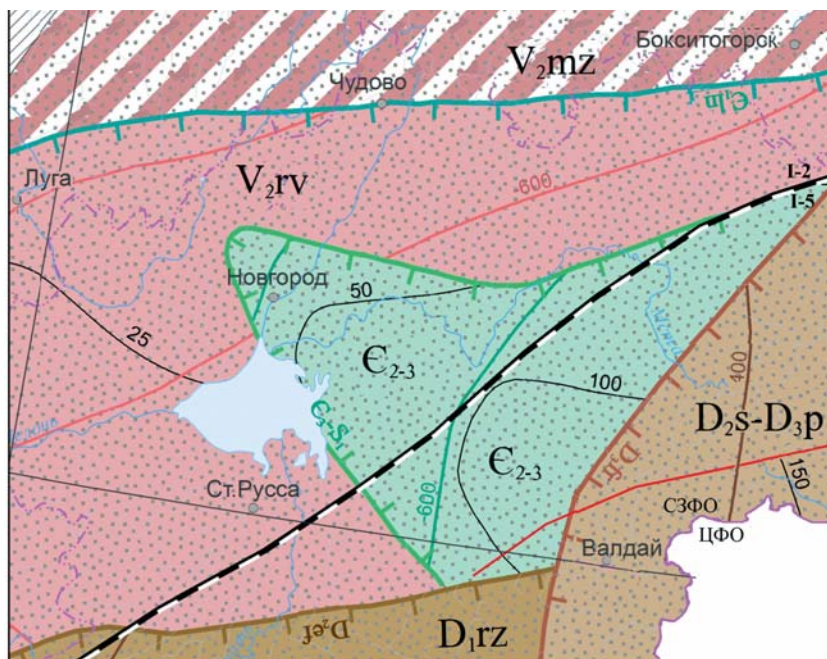
Рис. 1. Схема распределения приповерхностного гелия в подземных водах (по данным ГЕОТЕХВИМС, номенклатурный лист О-36): изоконцентрации поля гелия: 1 — 4×10^{-4} мл/л; 2 — 4×10^{-3} мл/л; 3 — 1×10^{-3} мл/л; 4 — 1×10^{-2} мл/л; 5 — граница между Нарва-Онежской моноклизой (1–2) и Московской синеклизой (1–5)

выявлено высокое содержание гелия в подземных водах зоны активного водообмена, что свидетельствует о нарушении сплошности водоупорных толщ, отделяющих зону активного водообмена от зон замедленного и весьма замедленного водообмена.

В связи с этим эти участки недр в пределах Нарва-Онежской моноклизы требуют повышенного внимания при проведении комплекса исследований с целью

выделения площадей, пригодных для размещения жидких отходов производства, а отдельные участки высококонтрастных аномальных зон необходимо отнести к неперспективным для размещения полигонов захоронения жидких отходов производства в глубоко-залегающие водоносные горизонты.

Следует отметить, что на ранее составленной специалистами ФГБУ «Гидроспецгеология» карте геолого-



Водоносные комплексы перспективные для целей подземного захоронения	Геологический индекс комплекса, развитого		Водоупорные комплексы	Геологический индекс комплекса и его контур	
	регионально	локально			
			Верхнедевонский (франский)	D _{2fr}	—
Средне-верхнедевонский (староскольско-пашийский)	D _{2S-D3p}				
			Среднедевонский (эйфельский)	D _{2ef}	—
Нижнедевонский (ряжский)	D _{1rz}				
Средневерхнекембрийский	E ₂₋₃				
			Нижнекембрийский (лонтовасский)	E _{1ln}	—
Верхневендский (ровенский)	V _{2rv}				
Верхневендский (мезенский)		V _{2mz}			



Рис. 2. Фрагмент карты геолого-гидрогеологических условий захоронения жидких токсичных промышленных отходов в глубокие водоносные горизонты (комплексы) масштаба 1:2 500 000 в районе оз. Ильмень: 1 — литологический состав водовмещающих пород — терригенный; 2 — изогипсы кровли перспективного для подземного захоронения водоносного горизонта (комплекса) и их абсолютная отметка (м), цвет соответствует возрасту комплекса; 3 — изопахиты перспективного водоносного горизонта (комплекса); 4 — участки недр, неперспективные для подземного захоронения жидких токсичных промышленных отходов в глубокие водоносные горизонты (комплексы); 5 — тектонические нарушения; 6 — границы региональных тектонических структур: Нарва-Онежская моноклиза (1–2) и Московская синеклиза (1–5); 7 — административная граница между Северо-Западным (СЗФО) и Центральным (ЦФО) федеральными округами

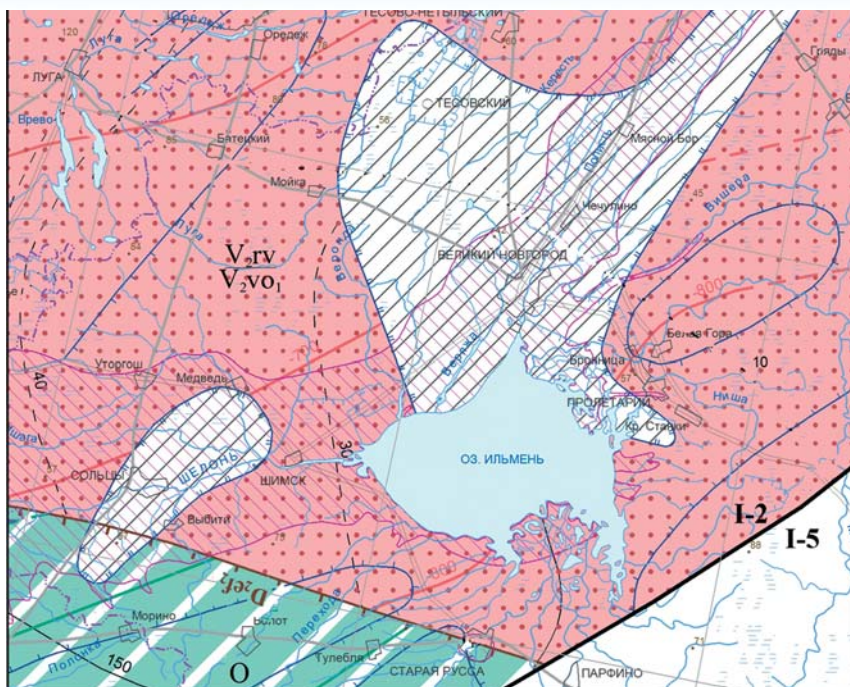
гидрогеологических условий захоронения жидких токсичных промышленных отходов в глубокие водоносные горизонты (комплексы) масштаба 1:2 500 000 в районе оз. Ильмень в общем комплексе рекомендуемых для размещения отходов водоносных горизонтов (комплексов) выделен участок, где показан среднекембрийский водоносный комплекс (рис. 2).

При анализе результатов гелиметрических исследований было зафиксировано, что к этому участку недр приурочена высококонтрастная аномалия гелия, поэтому на карте масштаба 1:1 000 000 среднекембрийский водоносный комплекс в районе оз. Ильмень исключен из рекомендуемых для захоронения жидких отходов производства.

На карте условий захоронения масштаба 1:1 000 000 показаны неперспективные для захоронения участки недр, выделенные по наличию высококонтрастных приповерхностных гелиевых аномалий, и участки недр, требующие повышенного внимания при постановке работ по геологическому обоснованию строительства подземного полигона захоронения в связи с наличием повышенной концентрации гелия в приповерхностной зоне (рис. 3).

Обращает на себя внимание тот факт, что территории водно-гелиевых аномалий, как правило, включают в себя тектонические зоны проницаемости, по

Рис. 3. Фрагмент специализированной гидрогеологической карты распространения глубокозалегающих водоносных горизонтов (комплексов) европейской территории РФ масштаба 1:1 000 000 в пределах Нарва-Онежской моноклизы: территории, непригодные для захоронения жидких отходов производства: 1 — районы, где все водоносные горизонты (комплексы) находятся в зоне активного водообмена, районы со сложным геологическим строением и зоны повышенной проницаемости; 2 — в числителе индекс «буферного» горизонта, в знаменателе — перспективного; 3 — изогипсы кровли водоносного горизонта (комплекса) и их абсолютная отметка в м, цвет соответствует возрасту комплекса; 4 — предполагаемые изогипсы кровли водоносного горизонта (комплекса) и их абсолютная отметка в м, цвет соответствует возрасту комплекса; 5 — изопахиты водоносного горизонта (комплекса); 6 — предполагаемые изопахиты водоносного горизонта (комплекса); 7 — границы трансрегиональных структур: Нарва-Онежская моноклиза (1–2) и Московская синеклиза (1–5); 8 — участки высококонтрастных аномальных зон приповерхностного поля гелия; 9 — участки повышенной концентрации приповерхностного поля гелия; 10 — тектонические зоны проницаемости, по которым происходит подток солевых вод глубоких напорных горизонтов; 11 — тектонические разрывные нарушения



Перспективные горизонты и комплексы, код объекта гидрогеологической стратификации	Индекс			Водоупорные горизонты, код объекта гидрогеологической стратификации	Индекс горизонта
	Горизонт	Комплекс	«Буферный» горизонт		
				Верхнеэфельский (наровский) 0333040	D _{ef}
Ордовикский 0835000		O			
Верхневендский (ровенский) 0246080	V ₂ rv		V ₂ rv	Нижнекембрийский (лонтоваский) 0336070	C _{1n}
Верхневендский (нижневасилеостровский) 0241020_2	V ₂ vo ₁			Верхневендский (верхневасилеостровский) 0341020_1	V ₂ vo ₁



которым осуществляется переток высокоминерализованных вод водоносных горизонтов зоны весьма замедленного водообмена (рис. 3). Если воды горизонтов зоны активного водообмена вне участков гелиевых аномалий и проницаемых тектонических зон преимущественно пресные гидрокарбонатные, то в пределах зон высококонтрастных гелиевых аномалий воды горизонтов зоны активного водообмена, как правило, повышенной минерализации, хлоридные.

Таким образом, как и отмечалось ранее в работе [2], для оценки изолированности пластов-коллекторов от зоны активного водообмена рекомендуется использовать в общем комплексе методов и гелиеметрию. В результате при выделении на карте условий захоронения жидких отходов производства в масштабе 1:1 000 000 перспективных водоносных горизонтов «отбракованы» участки недр, где ранее выделенные горизонты считались перспективными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балановский, В.Б. Оценка изолированности поглощающих горизонтов по данным водно-гелиевой съемки / В.Б. Балановский, А.С. Белицкий, А.В. Носухин, Т.В. Созинова // Разведка и охрана недр. — 1980. — № 7. — С. 46–50.
2. Гидрогеологические исследования для обоснования подземного захоронения промышленных стоков / Под ред. В.А. Грабовникова. — М.: Недра, 1993. — 335 с.
3. Попов, В.Г. Миграция гелия в подземной гидросфере / В.Г. Попов, Н.Н. Егоров, В.Ф. Леонов и др. — Уфа.: БФАН СССР, 1990. — 46 с.
4. Попов, В.Г. Гелиевые исследования в гидрогеологии / В.Г. Попов, Н.Н. Егоров. — М.: Наука, 1990. — 168 с.
5. Природные газы осадочной толщи. — Л.: Недра, 1976. — 168 с.
6. Якуцени, В.П. Геология гелия. / В.П. Якуцени. — Л.: Недра, 1968. — 232 с.
7. Яницкий, И.Н. Гелиевая съемка / И.Н. Яницкий. — М.: Недра, 1979. — 95 с.

© Блажнов Я.Н., Егоров Н.Н., 2019

Блажнов Яков Николаевич // ggo@specgeo.ru
Егоров Николай Николаевич // egorov@specgeo.ru