

КРИТЕРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ЮРСКО-МЕЛОВЫХ КОМПЛЕКСАХ СЕВЕРНЫХ РАЙОНОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Я.В. Фомина^{1,2}, Д.А. Новиков^{1,2}, Е.В. Борисов¹, А.В. Черных^{1,2}, Ф.Ф. Дульцев^{1,2}, И.И. Юрчик^{1,2}

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, ²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск

Введение:

Одной из наиболее перспективных технологий по снижению выбросов парниковых газов в атмосферу является реализация проектов геологического размещения CO₂ (carbon capture, utilisation and storage – CCS). Действующие проекты в России в настоящее время отсутствуют, однако существуют благоприятные предпосылки для размещения больших объемов углекислого газа. Для подземного хранения углекислого газа могут быть выбраны глубоководные водоносные горизонты, не используемые для питьевого и хозяйственного водоснабжения, в значительной мере выработанные залежи углеводородов и искусственно-созданные объекты в соляных, глинистых, угольных, базальтовых и других слабопроницаемых отложениях.

По результатам проведенного ранее регионального прогноза перспективности территории Российской Федерации для реализации проектов CCS Западно-Сибирский артезианский бассейн (ЗСАБ) характеризуется как весьма перспективный, поскольку это один из крупнейших в мире бассейнов, богатых не только подземными водами, но и многочисленными залежами нефти и газа [1]. Наличие литологически выдержанных глубоководных водоносных горизонтов, надежно изолированных от зоны активного водообмена региональным туронско-датским водоупорным горизонтом, отсутствие активной тектоники, широкое распространение структурных ловушек делают бассейн подходящим объектом для реализации проектов CCS. Кроме того, многие открытые ранее месторождения находятся на стадии падающей добычи, в этом случае CO₂ может быть использован для поддержания пластового давления и интенсификации добычи остаточных запасов углеводородов.

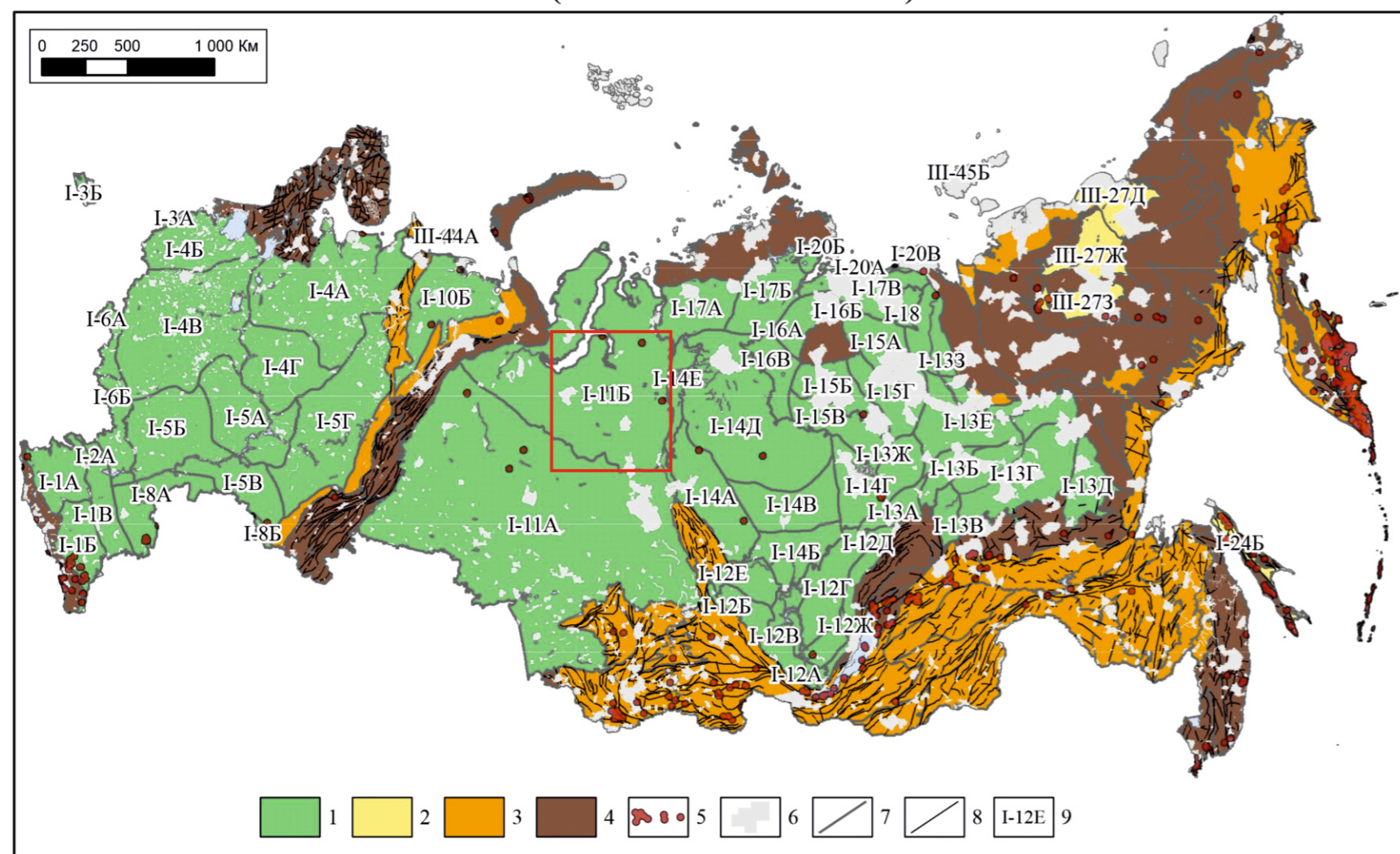
Методика исследований

Критерии оценки перспективности осадочных бассейнов России для реализации проектов CCS



Методика оценки пригодности гидрогеологических бассейнов и их частей для реализации проектов CCS включает в себя три уровня детальности: региональный, зональный и локальный. Самый общий уровень – региональный, позволяет оценить территорию как благоприятную или неблагоприятную для реализации проектов в целом [1]. Второй уровень оценки перспектив территорий – зональный, на нем оцениваются части бассейнов, выделяются перспективные водоносные горизонты по площади и в разрезе. При зональном прогнозе наиболее значимыми являются восемь групп критериев: общегидрогеологические, структурно-тектонические, литологические, гидродинамические, геотермические, гидрогеохимические, природоохранные и ресурсные.

Карта перспектив захоронения углекислого газа по критериям регионального уровня (масштаб 1: 2 500 000)



Категории перспективных земель: 1 – высоких, 2 – средних, 3 – низких; 4 – бесперспективные; 5 – эпицентры землетрясений; 6 – особо охраняемые природные территории; 7 – границы гидрогеологических структур второго порядка; 8 – активные разломы; 9 – индексы гидрогеологических структур второго порядка.

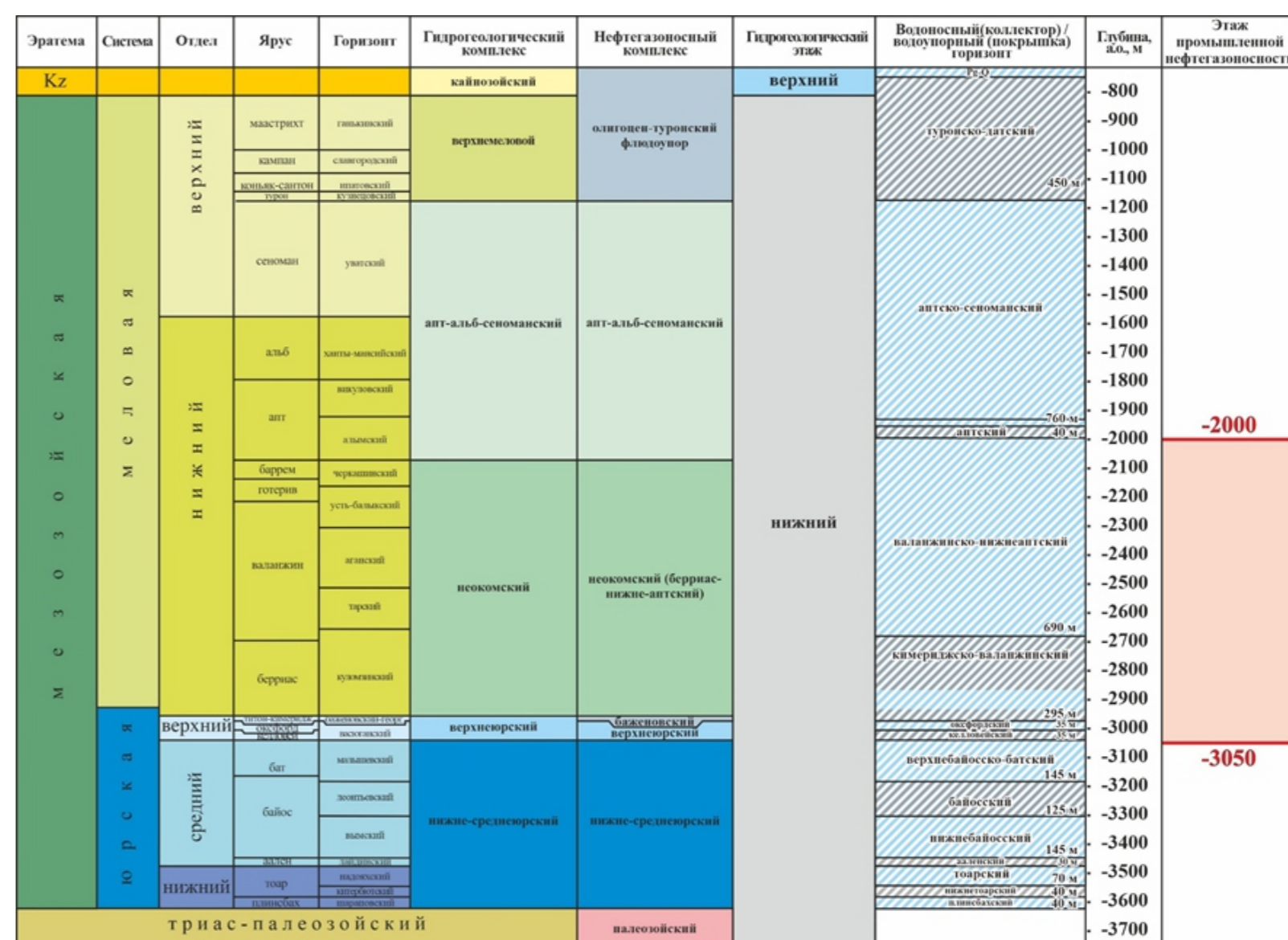
Основные результаты

Район исследования приурочен к северной части ЗСАБ. В регионе отсутствуют складчатые области и щиты, для верхнеюрского комплекса характерно преобладание пластовых гидрогеологических тел и терригенных коллекторов с поровым типом пустотного пространства. Анализ активных разломов и наведенной сейсмичности показал, что рассматриваемая территория относится к региону с интенсивностью сейсмических сотрясений ниже 5 баллов и может быть оценена как благоприятная.

В гидрогеологическом разрезе выделяется два этажа: нижний, относящийся к зоне затрудненного и застойного водообмена и верхний – активного. В пределах нижнего водоносного этажа выделяется пять водоносных комплексов, надежно изолированных от зоны активного водообмена туронско-датским региональным водоупором (сверху – вниз): апт-альб-сеноманский, неокомский, верхнеюрский, ниже-среднеюрский, палеозойский (совместно с триасовым).

В верхней части разреза выделяется палеогеново-четвертичный комплекс. В регионе развито большое количество структурных ловушек, кроме того, в неокомском и юрских комплексах выделяются литологические ловушки. Пористость песчаников/алевролитов в пределах нефтегазоносных отложений меняется в широком диапазоне от 0,70 до 42,55 %, закономерно уменьшаясь от меловых к доюрским резервуарам. Наилучшими коллекторскими свойствами обладают мощные регионально выдержанные песчаные пласты верхней части неокомского и апт-альб-сеноманского комплексов. Наиболее надежные водоупорные характеристики присущи регионально выдержанным глинистым толщам кимериджско-валанжинского, аптского и туронско-датского возраста.

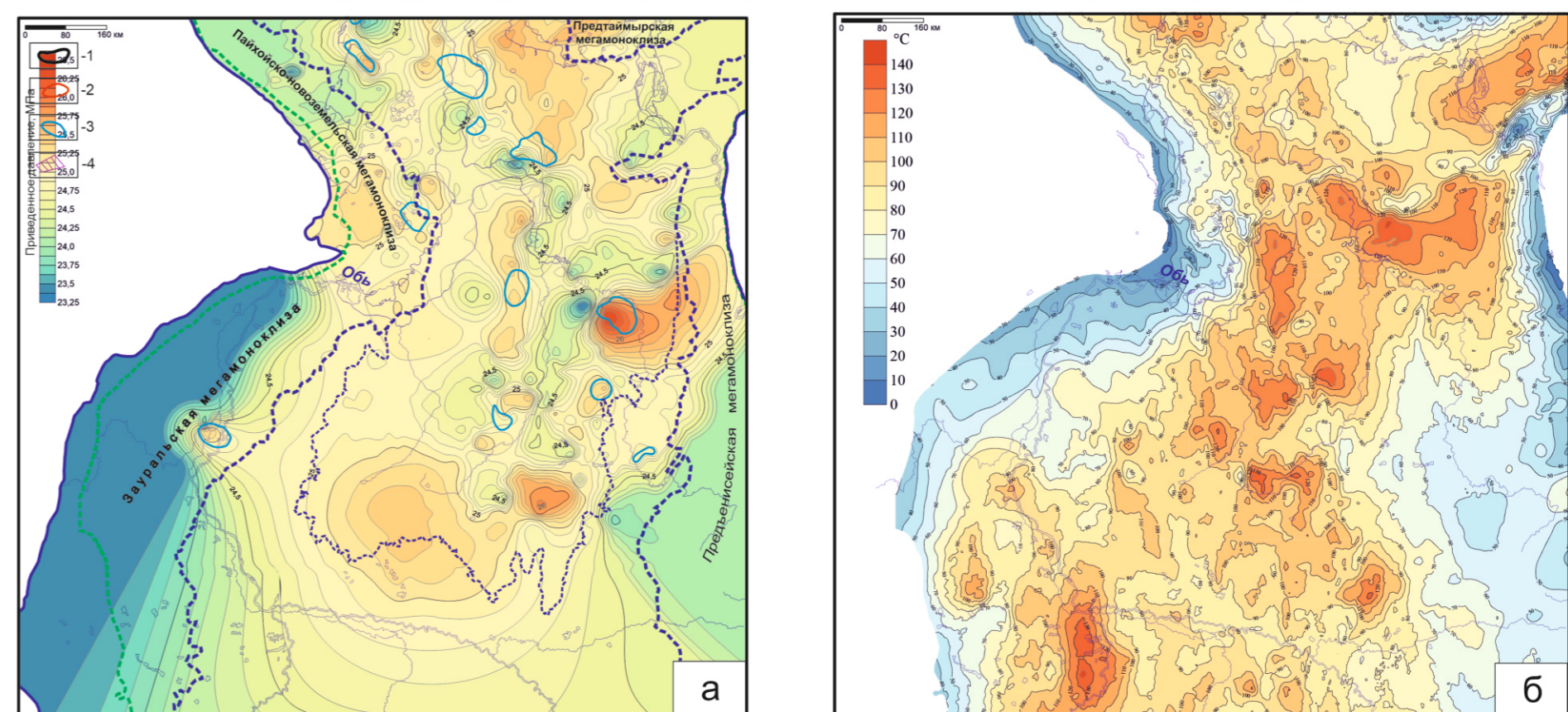
Схемы гидрогеологической стратификации Выинтойского месторождения



В регионе выявлено доминирование элизонного водообмена при формировании современной структуры гидродинамического поля, что отражается в развитии зон аномально-высоких пластовых давлений. Нормальные пластовые давления (3,5-28,4 МПа) характерны для апт-альб-сеноманского комплекса, в неокомском комплексе напряженность гидростатического поля возрастает и давления переходят от гидростатических к аномально-высоким (от 6,3 до 77,9 МПа). Верхнеюрский и ниже-среднеюрский комплексы характеризуется развитием повышенных и аномально-высоких пластовых давлений.

Комплексный анализ геологического строения и гидрогеологических условий показал, что для целей реализации проектов CCS на севере ЗСАБ наиболее перспективные зоны для размещения углекислого газа преобладают в осевой части ЗСАБ, где развиты регионально выдержанные водоносные горизонты, и надежно экранирующие их водоупорные толщи с низкой степенью опесчанивания. Учитывая региональные особенности, верхняя граница благоприятного интервала пластовых температур для размещения углекислого газа в сверхкритическом состоянии расположена на глубинах 800-1200 метров. Выше по разрезу на большей части территории развита мощная криогенная толща. Наибольшими перспективами обладают апт-альб-сеноманский и неокомский омплексы. Бесперспективными они будут только в пределах Большехетской мегасинеклизы и Надымской гемисинеклизы, где развиты зоны повышенных давлений. Наименьшие перспективы для размещения углекислого газа следует связывать с водонапорными толщами юрского возраста. Верхнеюрские водоносные горизонты будут перспективными в пределах Хантейской гемиантеклизы. Установлено, что геохимические особенности подземных вод так же будут оказывать существенную роль при размещении углекислого газа в водоносных горизонтах за счет контроля его предельной растворимости в пластовых условиях и последующих процессов взаимодействия карбонизированных вод с породами коллекторов и водоупорных толщ.

Карты пластовых давлений апт-альб-сеноманского комплекса, приведенных к отметке -2500 м (а) и пластовых температур в кровле верхнеюрского комплекса (б) северных районов ЗСАБ



Заключение

Комплекс выполненных региональных и зональных исследований позволил закартировать на севере ЗСАБ области, благоприятные для размещения углекислого газа. Наибольший интерес в этом плане представляют апт-альб-сеноманский и неокомский водоносные комплексы, которые характеризуются отсутствием зон развития аномально-высоких пластовых давлений и температур, кроме того пластовые условия позволяют разместить диоксид углерода в плотнофазном состоянии. На отдельных участках возможно размещение углекислого газа в нижезалегающих верхнеюрском и ниже-среднеюрском комплексах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта Министерства науки и высшего образования РФ № FWZZ-2022-0014, Новосибирского государственного университета по программе Приоритет-2030.

Список литературы:

- Новиков Д.А. Региональный прогноз перспектив захоронения углекислого газа на территории Российской Федерации / Д.А. Новиков, Ф.Ф. Дульцев, И.И. Юрчик, Я.В. Садыхова, А.С. Деркачев, А.В. Черных, А.А. Максимова, С.В. Головин, Н.Г. Главнов, Е.А. Жуковская // Нефтяное хозяйство. – 2022. – №3. – С.36-42.
- Новиков Д.А. Оптимальный комплекс критериев зонального прогноза перспектив захоронения углекислого газа в геологических формациях / Д.А. Новиков, Я.В. Фомина, И.И. Юрчик, А.В. Черных, Ф.Ф. Дульцев, С.В. Головин // Экология и промышленность России. – 2023. – Т.27. – № 4. – С.44-49.