

А. А. Муравьева¹, И. И. Юрчик^{2}*

Гидродинамика подсолевой гидрогеологической формации центральной части Ангаро-Ленской ступени

¹ Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация

* e-mail: YurchikII@ipgg.sbras.ru

Аннотация. Несмотря на то, что гидрогеология Ангаро-Ленской ступени изучается в течение многих лет, вопросы гидродинамики подземных вод изучены очень слабо и в настоящее время являются дискуссионными. Наиболее точно определены пластовые давления, замеренные в скважинах глубинными манометрами при установившемся статическом уровне. Наряду с вертикальной и латеральной гидродинамической зональностью имеются также зоны аномально высоких и аномально низких пластовых давлений. На динамику подземных вод существенное влияние оказывают физические параметры пластов-коллекторов, литолого-фациальная изменчивость водовмещающих отложений и другие факторы, учет которых позволяет более объективно оценить гидродинамические условия. В работе на примере рассолов центральной части Ангаро-Ленской ступени рассматривается построение и анализ карт коэффициента аномальности пластовых давлений для гидрогеологических комплексов подсолевой формации.

Ключевые слова: коэффициент аномальности пластовых давлений, подсолевая гидрогеологическая формация, Ангаро-Ленская ступень, Сибирская платформа

A. A. Muravyova¹, I. I. Yurchik^{2}*

Hydrodynamics of the subsalt hydrogeologic formation of the central part of the Angara-Lena step

¹ Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation

² Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: YurchikII@ipgg.sbras.ru

Annotation. Despite the fact that the hydrogeology of the Angara-Lena step has been studied for many years, the issues of groundwater hydrodynamics are very poorly understood and are currently debatable. The most accurately determined formation pressures are those measured in wells with depth gauges at steady static level. Along with vertical and lateral hydrodynamic zonality there are also zones of anomalously high and anomalously low formation pressures. The dynamics of groundwater is significantly influenced by the physical parameters of reservoirs, lithological and facial variability of water-bearing sediments and other factors, taking into account which allows a more objective assessment of hydrodynamic conditions. Using the example of brines of the central part of the Angara-Lena step construction and analysis of maps of formation pressure anomaly coefficient for hydrogeological complexes of subsalt formation is considered

Keywords: anomaly coefficient of reservoir pressures, subsalt hydrogeological formation, Angara-Lena stage, Siberian platform

Введение

Изучение гидродинамических условий глубокопогруженных водоносных горизонтов и оценка гидродинамических условий глубокопогруженных водоносных комплексов Восточной Сибири сопряжены с рядом объективных трудностей, обусловленных длительной историей формирования, сложным геологическим строением и слабой изученностью. В данной работе предпринята попытка оценить гидродинамические условия водоносных комплексов подсолевой формации центральной части Ангаро-Ленской ступени на основе построения и анализа карт распределения коэффициента аномальности пластовых давлений. Изучением гидродинамических условий занимались А.С. Анциферов, В.И. Вожов, М.Б. Букаты, Е.В. Пиннекер, Ю.И. Яковлев, Р.Г. Семашев, В.П. Арсеньев, А.С. Барышев, Б.А. Фукс, А.А. Дзюба, Н.Я. Тычино и другие [1,2,3].

Методы и материалы

В основу работы легли данные по испытаниям 50 скважин на территории 9 месторождений в центральной части Ангаро-Ленской ступени.

Для расчета коэффициента аномальности использовалась методика, основанная на отношении пластового давления к нормальному гидростатическому [4]:

$$K_a = \frac{P_{пл}}{P_{н.гидр.}}$$

где $P_{н.гидр.}$ – нормальное гидростатическое давление в исследуемой точке пласта, рассчитываемое по формуле:

$$P_{н.гидр.} = \rho_{с.в.} \cdot g \cdot H,$$

где $\rho_{с.в.}$ – средневзвешенная плотность столба пластовой воды над исследуемой точкой.

Это обусловлено значительным отличием плотности рассолов от плотности пресной воды, используемой при расчете условного гидростатического давления. Разница может достигать 45%, что неизменно отразится на расчете коэффициента аномальности.

Результаты и их обсуждение

Ранее, на основе более ранних схем [5, 6], нами было выполнено уточнение гидрогеологической стратификации осадочного чехла Ангаро-Ленской ступени [7]. В соответствии с ней в подсолевой гидрогеологической формации выделяются два гидрогеологических водоносных комплекса: тирско-непским и даниловский (таблица 1).

Таблица 1

Схема гидрогеологической стратификации (на основе работ Пиннекера (1966), Анциферова (1989) и Букаты (2009))

Общая стратиграфическая шкала			Местная стратиграфическая шкала		Свиты	Гидрогеологическая формация	Гидрогеологические комплексы	
Эпохема	Система	Отдел	Горизонт	Подгоризонт				
Фанерозойская	Кембрийская	Нижний	Усольский		Усольская	Подсолевая	Нижнеусольский водоупор	
Верхнепротерозойская	Вендская	Верхний	Даниловский	Верхний	Тэтэрская		Чорская	Даниловский
				Средний	Собинская			Нижнеданиловский водоупор
				Нижний	Катангская			
		Тирский		Тирско-непский				
		Непский	Верхний					
			Нижний					
Нижний	Вилючанский							

Тирско-непский водоносный комплекс сложен терригенными отложениями чорской свиты, которые в восточном направлении постепенно замещаются на терригенно-сульфатно-карбонатные отложения. Водоносными на рассматриваемой территории являются парфеновский, боханский и базальный горизонты, представленные песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Подземные воды тирско-непского комплекса являются рассолами с минерализацией в пределах 240-420 г/дм³. По составу рассолы преимущественно хлоридные натриево-кальциевые и хлоридные кальциево-натриевые. Пластовые давления в тирско-непском водоносном комплексе изменяются в широких пределах от 13 МПа (Парфеновская-1) до 49 МПа (Ковинская-1).

Анализ карт распределения коэффициента аномальности пластовых давлений (рис. 1) показывает, что тирско-непский водоносный комплекс имеет преимущественно аномально низкие пластовые давления (АНПД). Среднее значение коэффициента аномальности – 0,7-0,9.

Дефицит пластового давления ряд авторов [8] объясняет частичным поглощением вод осадочного чехла в разломных зонах верхней части фундамента.

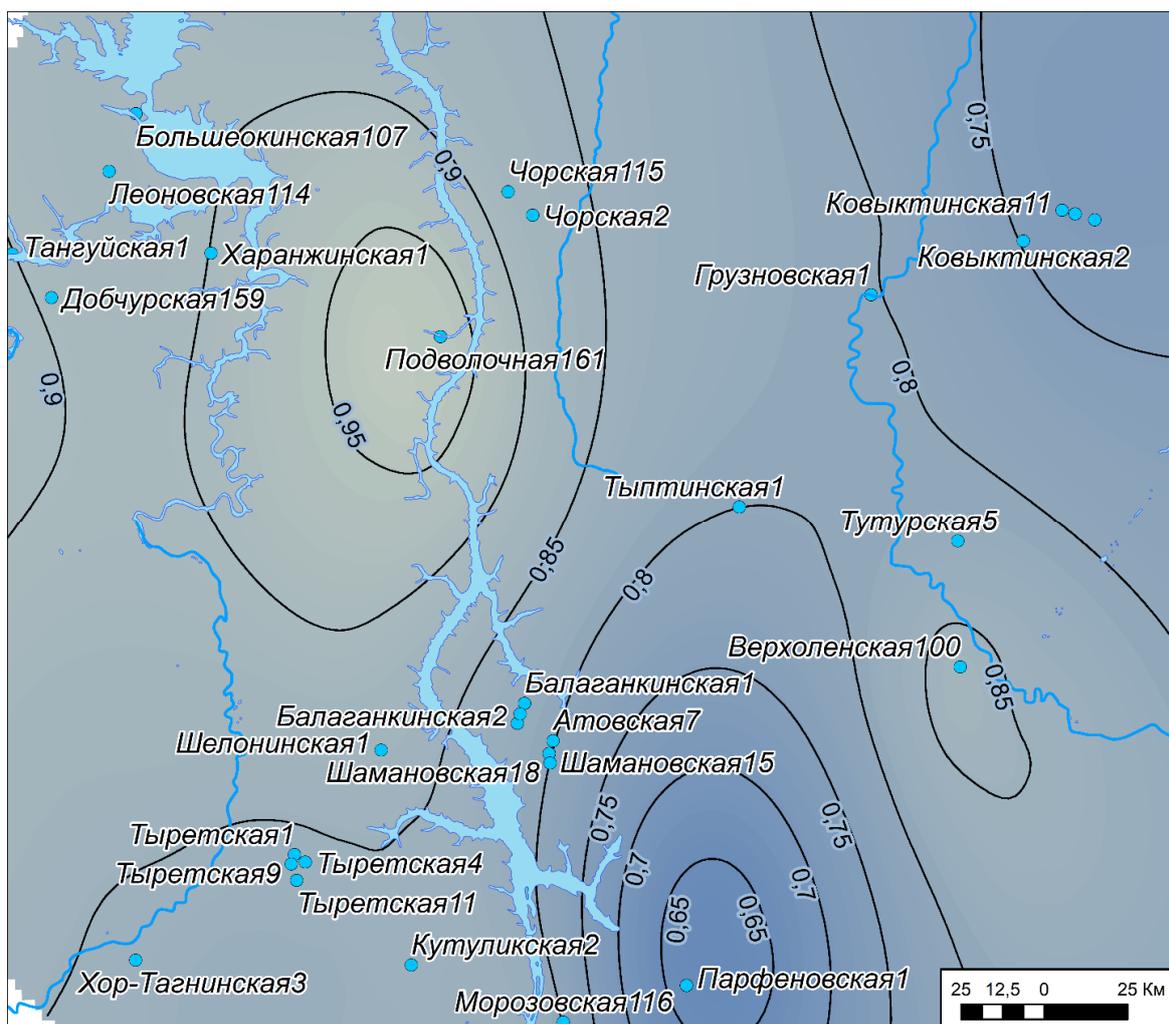


Рисунок 1. Карта распределения коэффициента аномальности пластовых давлений тирско-непского гидрогеологического комплекса

Тирско-непский водоносный комплекс отделен от вышележащего Даниловского водоносного комплекса нижнеданиловским водоупором (таблица 1), представленным отложениями катангской свиты (доломиты, мергели и алевролиты). Значительная мощность (до 263 м) позволяет надежно экранировать тирско-непский водоносный комплекс, что отражается в различии гидродинамических обстановок (рис. 1, 2).

Даниловский водоносный комплекс сложен доломитами, каменной солью, ангидритами и мергелями тэтэрской свиты. Водоносными являются усть-кутские горизонты, содержание рассолы с минерализацией от 318 до 539 г/дм³. Мощность комплекса достигает 650 м. Пластовые изменяются от 11 МПа (Балыхтинская-3) до 57 МПа (Ковинская-157).

Для даниловского водоносного комплекса характерны нормальные и повышенные значения коэффициента аномальности пластовых давлений. Коэффициент аномальности варьирует от 0,8 до 1,3 (рис. 2).

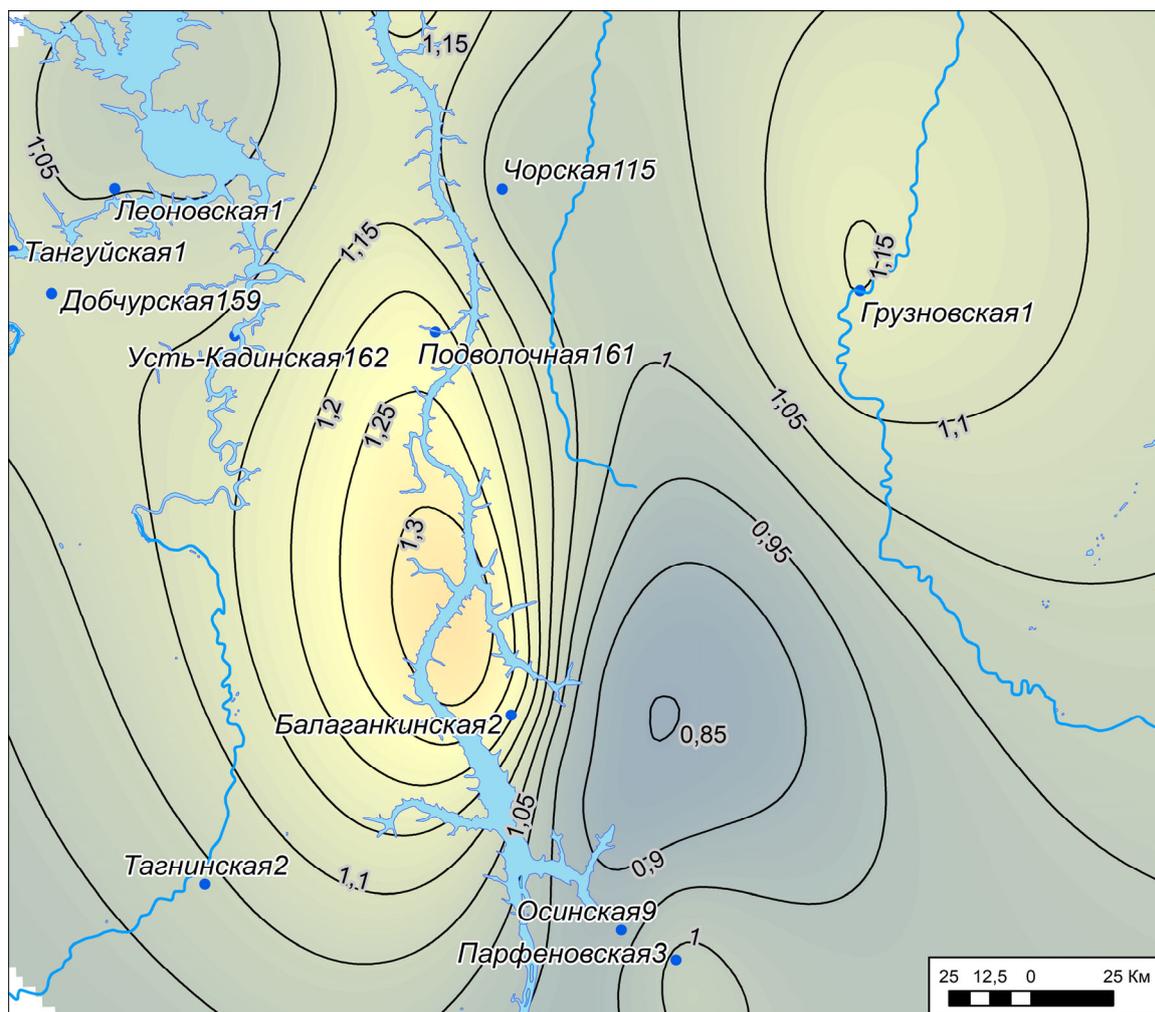


Рисунок 2. Карта распределения коэффициента аномальности пластовых давлений нижеусольско-даниловского гидрогеологического комплекса

От вышележащих водоносных комплексов даниловский отделен слоями каменной соли и доломитов верхнеусольского водоупора, мощность которого, изменяется от 32 до 93 м.

Заклучение

Очень сложным и дискуссионным вопросом является оценка времени существования пластовых давлений, отличающихся в ту или иную сторону от нормальных гидростатических. Любая гидродинамическая система стремится к равновесному состоянию, которым является нормальное гидростатическое давление. Для того, чтобы оценить время существования аномально низких или аномально высоких пластовых давлений, необходимо сопоставить скорости потенциальных процессов, приводящих к отклонению пластовых давлений, со скоро-

стями процессов их релаксации [9]. По данным различных авторов [9] время существования аномальных давлений изменяется от десятков и сотен миллионов лет до нескольких тысяч лет. Оценка времени релаксации давлений индивидуально для каждого рассматриваемого гидрогеологического объекта и обусловлено множеством геологических и литологических факторов. Этот вопрос заслуживает отдельно рассмотрения и является задачей дальнейших исследований.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта Министерства науки и высшего образования РФ FWZZ-2022-0014.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анциферов А.С. Гидрогеология древнейших нефтегазоносных толщ Сибирской платформы. М.: Недра, 1989.-176 с.
2. Гидрогеология Иркутского нефтегазоносного бассейна /А.С.Анциферов, А.Я.Артемченко, О.В.Зехова и др. Иркутск: В-С книжное издательство, 1971. -124 с.
3. Гидрогеологические показатели нефтегазоносности докембрийских отложений Иркутского нефтегазоносного бассейна /В.В.Павленко, В.Ф.Обухов, В.А.Бронников и др. М.: Недра, 1978. - 125 с.
4. Юрчик И.И., Муравьева А.А. Применение коэффициента аномальности пластового давления для оценки гидродинамических условий водоносных комплексов Ангаро-Ленской ступени. Интерэкспо ГЕО-Сибирь - XIX Международный научный конгресс. Международная научная конференция "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология": Сборник материалов в 8 т. (г. Новосибирск, 17-19 мая 2023 г.) – СГУГиТ – Новосибирск – том Т. 2 – № 2 – С. 316-322 – 2023
5. Пиннекер Е.В. Рассолы Ангаро-Ленского артезианского бассейна. – М.: Наука, 1966. – 332с.
6. Букаты М.Б. Гидрогеологическое строение западной части Сибирской платформы (в связи с поисками, разведкой и разработкой месторождений нефти и газа) / Букаты М.Б. // Геология и геофизика, 2009, т.50, № 11, с. 1201-1217.
7. Муравьева А.А. Гидрогеологическая стратификация осадочного чехла Ангаро-Ленской ступени. // Трофимукские чтения – 2023: Материалы Всерос. молодежной науч. конф. с участием иностр. ученых / Ин-т нефтегаз. геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск: ИПЦ НГУ – 2023. – С.127-130
8. Яковлев Ю.И., Семашев Р.Т. Гидродинамическое обоснование выделения водонапорных систем депрессионного типа // Геология нефти и газа, 1982, № 9, с.23-27
9. Дюнин В.И. Гидродинамика глубоких горизонтов нефтегазоносных бассейнов. М.: Научный мир, 2000. – 472 с.

© А. А. Муравьева, И. И. Юрчик, 2024