# ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАСКЛИНИВАЮЩИХ АГЕНТОВ ПРИ ГИДРОРАЗРЫВЕ ПЛАСТА

# تحديد التركيزات الحرجة لعوامل الاحتواء أثناء عملية التكسير بالهيدروجين

**Климович Виктория Александровна**
*Магистрант группы ЗНГИ-11*
*ГГТУ им. П.О. Сухого*



**Аннотация:** *в настоящее время активно внедряется технология «агрессивного» многостадийного гидроразрыва пласта. Суть технологии заключается в увеличении конечной концентрации расклинивающего агента и уменьшении затрачиваемой жидкости разрыва. Однако, данный подход приводит к увеличению рисков получения технологического осложнения – получению давления СТОП. На основе экспериментальных данных определена максимальную концентрацию расклинивающего агента, при котором риски получения осложнений будут минимальными.*



**Ключевые слова:** *гидравлический разрыв пласта, конечная концентрация.*

*Научный руководитель*

*الشرف العلمي*


**Порошин Валерий Дмитриевич**
***. д.г-м.н., профессор кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика»***
***ГГТУ им. П.О. Сухого***



**فيكتوريا الكسندروفنا كليموفيتش**
**طالبة ماجستير بجامعة سخوي الحكومية التقنية**



**الخلاصة :** في الوقت الحاضر، يتم تنفيذ تقنية التكسير الهيدروليكي متعدد المراحل "العدواني" بشكل نشط. إن جوهر هذه التكنولوجيا هو زيادة التركيز النهائي للدعامة وتقليل كمية سائل التكسير المستهلك. ومع ذلك، فإن هذا النهج يؤدي إلى زيادة خطر حدوث مضاعفات تكنولوجية - إيقاف الضغط. وبناءً على البيانات التجريبية، تم تحديد الحد الأقصى لتركيز عامل التخثر الذي تكون عنده مخاطر حدوث المضاعفات ضئيلة.



**الكلمات المفتاحية :** التكسير الهيدروليكي والتركيز النهائي.



**فاليري ديميتريفيتش بوروشين**
**برفيسور بقسم تطوير النفط والغاز والأتمتة الهيدروليكية بجامعة سخوي الحكومية التقنية**


## Введение

В настоящее время основной технологией освоения нетрадиционных коллекторов является бурение горизонтальных стволов с последующим проведением многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) [1]. При кратном увеличении объёмов работ увеличиваются и затраты на химические реагенты, с целью их экономии внедряется технология «агрессивного» ГРП.

Цель работы – усовершенствовать технологию МГРП путем увеличения конечной концентрации расклинивающего агента и уменьшения затрачиваемой жидкости разрыва с разработкой мероприятий по снижению рисков получения технологического осложнения в виде остановки процесса МГРП при возникновении давления СТОП.

## Результаты и обсуждение

Анализ статистики эксплуатации скважин в 2024 г. показал, что давление СТОП получено на 11 стадиях МГРП на скважинах, вскрывающих коллектора нетрадиционного типа.

При проведении МГРП на стадии 5 скважины Х1 (технический СТОП), стадии 22 на скважине Х2 (повышенные трения в ПЗП/ИП), стадии 30 скважины Х3 (повышенные трения в ПЗП/ИП), стадии 10 скважины Х9 (повышенные трения в ПЗП/ИП) давление СТОП получено при закачке в пласт проппанта фракции 20/40 с концентрацией 450 кг/м3, при этом, признаки получения осложнений просматривались начиная с закачки в пласт проппанта той же фракции с концентрацией 400–450 кг/м3.

При проведении ГРП на стадии 2 скважины Х4, стадии 4 на скважине Х5 и стадии 2 на скважине Х6 давление СТОП получено при входе в пласт минимальной концентрации песка фракции 40/70 (начальная стадия вхождения в пласт слаговых пачек фрак-песка, концентрация 50-70кг/м3). На стадии 15 скважины Х3 давление СТОП получено на этапе закачки в пласт чистой буферной жидкости ГРП. Давление СТОП на данных стадиях связано с высыпанием в ствол скважины частиц пород/цементного камня после выполнения тестовых закачек.

При проведении ГРП на стадии 7 скважины Х7, стадии 5 на скважине Х8 и стадии 5 на скважине Х9 давление СТОП получено при вхождении в пласт проппанта фракции 30/50 с концентрацией 300–350 кг/м3. Предпосылки получения давления СТОП отмечались при закачке проппанта фракции 30/50 с концентрацией 300–350кг/м3. Причина получения давления СТОП на данных стадиях является критические трения в ПЗП\ИП.

При получении давления СТОП на всех вышеописанных стадиях, на момент непосредственного остановки закачки и потери гидродинамической связи «скважина-пласт» проппант фракции 20/40 RCP либо не подавался с устья, либо находился в стволе скважины и не дошел до ИП. Таким образом, проппант RCP не мог стать причиной получения давления СТОП.

## Conclusion

На основании анализа полученных давлений СТОП, установлено, что критическими концентрациями расклинивающих агентов при проведении работ, является концентрация 350-450 кг/м$^3$ для проппантов фракций 30/50 и 20/40. При этом, предпосылки получения давления СТОП по ряду объектов, отмечаются на стадиях закачки керамического проппанта фракции 30/50 с концентрацией 300 кг/м$^3$. Учитывая вышеописанное, на скважинах, вскрывающих коллектора нетрадиционного типа, необходимо с осторожностью подходить к наращиванию агрессивности дизайна МГРП.

## المقدمة

حاليًا، تتمثل التقنية الرئيسية لتطوير الخزانات غير التقليدية في حفر الآبار الأفقية تليها عملية التكسير الهيدروليكي متعدد المراحل (MSHF) [1]. مع الزيادة المتعددة في حجم العمل، ترتفع أيضًا تكاليف الكواشف الكيميائية؛ ومن أجل إنقاذها، يتم تقديم تقنية التكسير الهيدروليكي "العدواني".

يهدف العمل إلى تحسين تكنولوجيا التكسير الهيدروليكي متعدد المراحل من خلال زيادة التركيز النهائي للدعامة وتقليل كمية سائل التكسير المستهلك، مع تطوير التدابير للحد من مخاطر المضاعفات التكنولوجية في شكل إيقاف عملية التكسير الهيدروليكي متعدد المراحل عند حدوث ضغط STOP.

## النتائج والمناقشة

وأظهر تحليل إحصائيات تشغيل الآبار في عام 2024 أنه تم الحصول على ضغط STOP في 11 مرحلة من التكسير الهيدروليكي متعدد المراحل في الآبار التي تخترق الخزانات غير التقليدية.

خلال عملية التكسير الهيدروليكي متعدد المراحل في المرحلة 5 من البئر X1 (التوقف الفني)، والمرحلة 22 عند البئر X2 (زيادة الاحتكاك في تجويف البئر/IP)، والمرحلة 30 عند البئر X3 (زيادة الاحتكاك في تجويف البئر/IP)، والمرحلة 10 عند البئر X9 (زيادة الاحتكاك في تجويف البئر/IP)، تم الحصول على ضغط STOP عند ضخ الدعامة من جزء 40/20 بتركيز 450 كجم/م3 في التكوين، في حين لوحظت علامات حدوث مضاعفات بدءًا من ضخ الدعامة من نفس الجزء بتركيز 400-450 كجم/م3 في التكوين.

خلال عملية التكسير الهيدروليكي في المرحلة 2 من البئر X4، والمرحلة 4 في البئر X5 والمرحلة 2 في البئر X6، تم الحصول على ضغط STOP عندما دخل الحد الأدنى من تركيز رمل الكسر 70/40 إلى التكوين (المرحلة الأولية لدخول حزم الكتل الرملية إلى التكوين، تركيز 50-70 كجم / م 3). في المرحلة 15 من البئر X3، تم الحصول على ضغط STOP في مرحلة حقن سائل عازل التكسير الهيدروليكي النظيف في التكوين. يرتبط إيقاف الضغط في هذه المراحل بصب جزيئات الصخور/الأسمنت في البئر بعد حقن الاختبار.

خلال عملية التكسير الهيدروليكي في المرحلة 7 من البئر X7، والمرحلة 5 من البئر X8، والمرحلة 5 من البئر X9، تم الحصول على ضغط STOP عندما دخل الدعامة من الكسر 50/30 بتركيز 300-350 كجم / م 3 إلى التكوين. تمت ملاحظة المتطلبات الأساسية للحصول على ضغط STOP عند ضخ الدعامات بنسبة 50/30 بتركيز 300-350 كجم / م$^3$. السبب في الحصول على ضغط STOP في هذه المراحل هو الاحتكاك الحرج في PZP/IP.

عندما تم الحصول على ضغط STOP في جميع المراحل الموصوفة أعلاه، في لحظة توقف الحقن الفوري وفقدان الاتصال الهيدروديناميكي لتكوين البئر، لم يتم توفير الدعامة RCP 40/20 من رأس البئر أو كانت في البئر ولم تصل إلى نقطة الحقن. وبالتالي، لا يمكن لدعامات RCP أن تسبب ضغط التوقف.

## الخاتمة

وبناء على تحليل ضغوط STOP التي تم الحصول عليها، ثبت أن التركيزات الحرجة لعوامل الدعامة أثناء العمل تتراوح بين 350-450 كجم/م3 لعوامل الدعامة من الكسور 50/30 و40/20. في الوقت نفسه، تتم ملاحظة المتطلبات الأساسية للحصول على ضغط STOP لعدد من الكائنات في مراحل ضخ الدعامات الخزفية من الكسر 50/30 بتركيز 300 كجم /م$^3$ وبناء على ما سبق، فإنه في الآبار التي تخترق الخزانات غير التقليدية، من الضروري التعامل مع زيادة عدوانية تصميم التكسير الهيدروليكي متعدد المراحل بحذر.

## Литература المراجع والمصادر


1. Mironenko K.V., Voytekhin O.L., Marchenko V.V. A Case Study of High-rate Multistage Hydraulic Fracturing in Petrikov Horizon of the Pripyat Trough: art. SPE Eastern Europe Subsurface Conference /– November, 2021. DOI:10.2118/208516-MS
2. Демяненко Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 288 с.
3. Войтехин, О. Л. Технологические подходы к оптимизации темпа разработки трудноизвлекаемых запасов нефтяного месторождения / О.Л. Войтехин, А.Б. Невзорова // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2023. – № 3. – С. 67–79.