

Материалы к биографиям ученых и инженеров

Materials for the Biographies of Scientists and Engineers

МАЛОИЗВЕСТНЫЕ СТРАНИЦЫ НАУЧНОЙ БИОГРАФИИ МИХАИЛА ДМИТРИЕВИЧА МИЛЛИОНЩИКОВА*

ИБРАГИМ АХМЕДОВИЧ КЕРИМОВ

*Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН
Россия, 125315, Москва, ул. Балтийская, д. 14
E-mail: ibragim_kerimov@mail.ru*

МИХАИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ ЛЕБЕДЕВ

*Российский Пуговшский комитет при Президиуме РАН
Россия, 119991, Москва, Ленинский просп., д. 32а
E-mail: MLebedev@pugwash.ru*

Академик Михаил Дмитриевич Миллионщикова – выдающийся российский ученый и организатор науки. Выпускник Грозненского нефтяного института, в начале своей научной карьеры он занимался вопросами нефтедобычи. В 1930-е гг. переключился на разработку проблем теории турбулентности – работы в области принесли ему не только отечественное, но и международное признание, – а потом вновь вернулся к нефтяной проблематике, которая нашла отражение в его докторской диссертации. История защиты диссертации не была освещена в научно-исторической литературе, этой малоизвестной до последнего времени странице научной биографии Миллионщикова и посвящена данная статья.

Ключевые слова: М. Д. Миллионщикова, Грозный, нефтяная промышленность, теория турбулентности, диссертация.

LITTLE-KNOWN PAGES FROM MIKHAIL DMITRIEVICH MILLIONSHCHIKOV'S SCIENTIFIC BIOGRAPHY

IBRAGIM AKHMEDOVICH KERIMOV

*S. I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology, Russian Academy of Sciences
Ul. Baltiyskaya, 14, Moscow, 125315, Russia
E-mail: ibragim_kerimov@mail.ru*

MIKHAIL ALEKSANDROVICH LEBEDEV

*Russian Pugwash Committee under the Presidium of the Russian Academy of Sciences
Leninsky prosp., 32a, Moscow, 119991, Russia
E-mail: MLebedev@pugwash.ru*

* Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ, грант № 17-33-000-38а1.

Academician Mikhail Dmitrievich Millionshchikov was an outstanding Russian scientist and organiser of science. An alumnus of the Grozny Oil Institute, he was engaged in the issues of oil production in the beginning of his scientific career. In the 1930s, he shifted his attention to the problems in the theory of turbulence (his works in this field garnered him both the national and the international recognition) but later returned to the theme of oil production, which was reflected in his Thesis for the Doctor of Sciences degree. The history of the defence of his thesis has not been covered in the history-of-science literature so far and this paper is devoted to this little-known part of Millionshchikov's scientific biography.

Keywords: M. D. Millionshchikov, Grozny, oil industry, theory of turbulence, thesis.

Михаил Дмитриевич Миллионщиков (1913–1973) – уроженец Грозного, выдающийся выпускник Грозненского нефтяного института ¹. Его биография достаточно подробно описана в научно-исторической литературе ². В то же время его работы по нефтяной проблематике, ставшие основой его докторской диссертации, а также сама защита его докторской диссертации не получили освещения. К сожалению, местонахождение докторской диссертации Миллионщикова вплоть до настоящего времени не установлено. Подготовленная на основе диссертации монография, которая была утверждена к печати ученым советом Института механики АН СССР и бюро Отделения технических наук АН СССР, не была опубликована, по-видимому, в связи с переходом Миллионщикова на работу в рамках советского атомного проекта. К большому сожалению, местонахождение рукописи данной монографии также неизвестно. Авторами данной статьи впервые в научный оборот вводятся материалы по докторской диссертации Миллионщикова, включающие аннотацию, тезисы и отзывы ведущих ученых и другие материалы. Учитывая, что данные материалы позволяют раскрыть достаточно подробно суть диссертации, они приведены в тексте статьи и приложениях.

¹ См.: Керимов И. А., Алиев А. Ш., Захираева З. А., Мачукаева Л. Ш. и др. Грозненский государственный нефтяной институт имени акад. М. Д. Миллионщикова. 1920–2005 гг. Грозный: ГГНИ, 2005.

² См.: Пономарев-Степной Н. Н., Керимов И. А., Лебедев М. А. Преданность науке и человечеству. К 100-летию со дня рождения академика М. Д. Миллионщикова // Вестник Российской академии наук. 2013. Т. 83. № 1. С. 72–79; Михаил Дмитриевич Миллионщиков (1913–1973). 2-е изд. / Сост. М. А. Лебедев. М.: Наука, 2014; Керимов И. А., Лебедев М. А. Памяти академика М. Д. Миллионщикова: к 100-летию со дня рождения выдающегося ученого, государственного и общественного деятеля // Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2013. № 1 (18). С. 211–218; Керимов И. А., Лебедев М. А. Научное наследие академиков А. А. Дородницына и М. Д. Миллионщикова – выпускников Грозненского нефтяного института // Межрегиональный Пагуошский симпозиум «Наука и высшая школа Чеченской Республики: перспективы развития межрегионального и международного научно-технического сотрудничества». Грозный, 22–24 апреля 2010 г. Тезисы докладов / Гл. ред. Ш. А. Гапуров. Грозный: Академия наук Чеченской Республики, 2010. С. 38–47; Михаил Дмитриевич Миллионщиков: к 100-летию со дня рождения / Отв. ред. С. Е. Воинова, ред.-сост. Н. Е. Кухаркин. М.: НИЦ «Курчатовский институт», 2014; Международная научная конференция «Турбулентность и волновые процессы», посвященная 100-летию со дня рождения академика М. Д. Миллионщикова, 26–28 ноября 2013 г. Сборник тезисов / Сост. Д. В. Георгиевский и др. М.: ООО «Интуит.ру», 2013.

В 1927 г. Михаил Миллионщиков окончил Грозненскую железнодорожную школу (7 классов) и продолжил обучение в средней школе № 2 Грозного. Не завершив обучение в средней школе, в 1928 г. Миллионщиков поступил на горно-нефтяное отделение Грозненского высшего нефтяного техникума, преобразованного спустя год в Грозненский нефтяной институт (ГНИ, ныне Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова). Во время производственных практик, проходивших в институте, он работал на грозненских нефтепромыслах в качестве рабочего, палатчика, ключника, бурильщика, а затем мастера и техника. С 1932 г. Миллионщиков начинает серьезно заниматься научной работой. Уже в первых исследованиях, посвященных вопросам добычи нефти, проявились его математические и инженерные способности: он стал одним из инициаторов сооружения опытной штольни в Старогрозненском районе для добычи остаточной нефти. В этот период были опубликованы его первые научные статьи в журналах «Азербайджанское нефтяное хозяйство» и «Грозненский нефтяник»³. Стремясь продолжить образование, молодой Миллионщиков в декабре 1933 г. предпринимает попытку поступить в аспирантуру физического факультета Ленинградского государственного университета. Несмотря на то что он успешно выдержал экзамены, его не зачислили в аспирантуру в связи с отсутствием ленинградской прописки. Миллионщиков не оставлял надежды на поступление в аспирантуру одного из ведущих вузов страны и в апреле 1934 г. приехал из Грозного в Москву. Большое содействие в этом ему оказал крупный специалист в области подземной гидравлики, заведующий кафедрой теоретической механики Грозненского нефтяного института В. Н. Щелкачев⁴, который написал рекомендательное письмо одному из ведущих ученых в области теории фильтрации нефти и газа Л. С. Лейбензону⁵ с просьбой посодействовать Миллионщикову. Встретившись в Москве с Лейбензоном, а также с академиком С. А. Чаплыгиным, Миллионщиков получил от них рекомендации к поступлению в аспирантуру Московского авиационного института (МАИ).

Щелкачев так вспоминал о годах учебы и работы Михаила Дмитриевича в Грозненском нефтяном институте:

В 1933 г. по совету академика Л. С. Лейбензона я приехал в Грозный для работы в Грозненском нефтяном институте, в котором начал преподавать, занимая с 1934 г. должность заведующего кафедрой теоретической механики.

³ Миллионщиков М. Д. К теории дреллометра // Азербайджанское нефтяное хозяйство. 1934. № 6. С. 38–40; Миллионщиков М. Д. О выборе грязевого насоса для бурения // Грозненский нефтяник. 1934. № 5. С. 35–41.

⁴ Владимир Николаевич Щелкачев (1907–2005) – ученый-нефтяник, доктор технических наук (1941), профессор (1942). В 1934–1939 гг. – доцент, зав. кафедрой теоретической механики, в 1941–1944 гг. – профессор, зав. кафедрой теоретической механики Грозненского нефтяного института. В 1944–1946 гг. – сотрудник Наркомнефти СССР, с 1946 г. – профессор, зав. кафедрой Московского нефтяного института им. И. М. Губкина (ныне РГУНГ им. И. М. Губкина). Лауреат Сталинской премии.

⁵ Леонид Самуилович Лейбензон (1879–1951) – ученый-механик, специалист в области гидродинамики, теории упругости, теории фильтрации газа и нефти. Член-корреспондент (1933), академик (1943) АН СССР. Лауреат Сталинской премии.

Практически сразу я познакомился с Михаилом Дмитриевичем Миллионщиковым, работавшим, несмотря на свой совсем юный возраст, ассистентом на этой кафедре. Впервые я о нем услышал от заведующего кафедрой бурения Грозненского нефтяного института В. С. Федорова, который представил мне Михаила Дмитриевича как человека, глубоко интересующегося наукой и в первую очередь математикой и механикой. Кроме того, М. Д. Миллионщиков был настолько хорошо подготовлен в области теории бурения, что, будучи студентом старших курсов, стал вести практические занятия по этой дисциплине, так что многие студенты оказывались старше его. И действительно, Михаил Дмитриевич (вне зависимости от данных мне о нем положительных рекомендаций) оказался очень способным, целеустремленным и проявляющим особый интерес к моему роду научной деятельности – подземной гидродинамике – молодым человеком⁶.

Летом того же года Миллионщиков на отлично сдал экзамены в аспирантуру МАИ, но не был зачислен, так как не прошел «мандатную комиссию»: он не только был беспартийным, но и не состоял в комсомоле. Исключительно благодаря поддержке профессора Б. Н. Юрьева – заведующего кафедрой прикладной экспериментальной аэродинамики МАИ, одного из основоположников отечественного вертолетостроения, будущего академика, напрямую обратившегося в соответствующий наркомат, – Михаил Дмитриевич был принят в аспирантуру упомянутой кафедры МАИ.

Широкую известность Миллионщикову принесли исследования, выполненные в МАИ под научным руководством крупнейшего математика XX века академика А. Н. Колмогорова. В конце 1930-х гг. им были опубликованы труды по одному из важнейших разделов механики, сложно поддающемуся математическому описанию, – теории турбулентности. 3 апреля 1938 г. на заседании совета самолетостроительного факультета МАИ Миллионщиков успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Затухание пульсаций при однородной изотропной турбулентности среды».

Одновременно с инженерной и педагогической работой в МАИ Миллионщиков с конца 1938 г. состоял старшим научным сотрудником отдела математической геофизики Института теоретической геофизики АН СССР⁷. В 1941 г. он вместе с МАИ был эвакуирован в Алма-Ату, а в 1943 г. – направлен в Куйбышев в числе организаторов и первых преподавателей Куйбышевского авиационного института.

Будучи в Куйбышеве, Миллионщиков включился в выполнение научно-исследовательской работы по заданию Народного комиссариата нефтяной промышленности СССР в районе «второго Баку» (Волго-Уральская нефтегазоносная область). Неоднократно посещая Сызранское и другие месторождения нефти, Михаил Дмитриевич собрал большой практический материал, который послужил основой для его докторской диссертации⁸.

⁶ Щелкачев В. Н. Воспоминания о талантливом студенте М. Д. Миллионщикове // Нефтяное хозяйство. 2013. № 1. С. 114–115.

⁷ Архив РАН (АРАН). Ф. 411. Оп. 18. Д. 331. Л. 18.

⁸ Архив Самарского национального исследовательского университета им. академика С. П. Королева. Оп. 1. Д. 2645. Л. 10.

Находясь в Алма-Ате, Миллионщиков 23 августа 1943 г. пишет заявление на имя директора Института механики АН СССР с просьбой принять в докторскую аспирантуру. В нем он отмечает:

Моя основная научная специальность – теория турбулентности. В области которой я предполагаю работать и в дальнейшем. Мои работы, относящиеся к теории изотропной турбулентности, опубликованы в «Докладах Академии наук СССР» (1939 и 1942 гг.) и в «Известиях Академии наук СССР» (1942 г., серия географическая и геофизическая). Могу указать на следующих научных работников в области математики и механики, знающих меня и мои работы: Колмогоров А. Н. – д. чл. АН СССР; Кочин Н. Е. – д. чл. АН СССР; Христианович С. А. – чл. корр. АН СССР⁹.

С 17 января 1944 г. Миллионщиков был зачислен в докторантуру при Институте механики АН СССР. В январе 1944 г. Президиумом АН СССР по представлению руководства Института механики АН СССР, а также академиков Н. Е. Кочина и С. А. Христиановича¹⁰ Миллионщикову в порядке исключения было разрешено досрочно представить к защите диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по теме «Гидромеханический анализ 36 некоторых способов эксплуатации нефтяных скважин» (вместо ранее утвержденной темы работы по статистической теории турбулентности). Научным руководителем диссертационной работы был доктор физико-математических наук Л. Г. Лойцянский¹¹, а научным консультантом по математической части – А. Н. Колмогоров¹².

Несмотря на достаточно серьезное сопротивление Наркомата авиационной промышленности СССР и Всесоюзного комитета по делам высшей школы, Михаил Дмитриевич все же был откомандирован из Куйбышевского авиационного института в Москву в распоряжение Академии наук СССР. Теоретическую часть диссертационной работы ему надлежало выполнять в Институте механики АН СССР, а экспериментальную – в Центральном аэрогидродинамическом институте (ЦАГИ) им. профессора

⁹ АРАН. Ф. 438. Оп. 1. Д. 105. Л. 39.

¹⁰ Николай Ефграфович Кочин (1901–1944) – математик и физик, один из создателей современной динамической метеорологии. Академик АН СССР (1939). Сергей Алексеевич Христианович (1908–2000) – ученый в области механики (гидро- и аэродинамики, взрыва, прочности и пластичности), а также горного дела и энергетики. В последние годы жизни занимался проблемами извлечения нефти. Академик АН СССР (1943). Третье место лауреата Сталинской премии.

¹¹ Лев Герасимович Лойцянский (1900–1991) – ученый в области механики и математики, специалист в области динамики вязких жидкостей и газов, теории ламинарного пограничного слоя, теории турбулентности. Член-корреспондент АН СССР (1978). Лауреат Сталинской премии.

¹² Андрей Николаевич Колмогоров (1903–1987) – один из крупнейших математиков XX в. Один из основоположников современной теории вероятностей, им получены основополагающие результаты в ряде других областей математики (топология, геометрия, математическая логика, классическая механика, теория турбулентности, теория информации, теория функций, теория приближения функций, теория множеств, теория дифференциальных уравнений, теория динамических систем, функциональный анализ и др.). Академик АН СССР (1939), член ряда иностранных академий наук. Лауреат Сталинской (1941) и Ленинской (1965) премий.

Н. Е. Жуковского, так как в то время соответствующим необходимым оборудованием учреждения Отделения технических наук академии не обладали.

В ходе обучения в докторантуре Миллионщиков принял решение о написании докторской диссертации по проблемам нефтедобычи, которая была завершена до окончания срока обучения. В связи с этим Институт механики АН СССР обратился в Президиум АН СССР с просьбой об изменении темы диссертации Миллионщикова и разрешения ему досрочной защиты докторской диссертации.

В письме академика-секретаря Академии наук СССР Н. Г. Бруевича¹³ на имя заместителя директора Института механики АН СССР члена-корреспондента АН СССР Н. Г. Четаева¹⁴ от 5 марта 1945 г. такое разрешение было получено:

Президиум Академии наук СССР разрешает в порядке исключения досрочную защиту диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук докторанту Вашего института Миллионщикову Михаилу Дмитриевичу на тему: «Гидромеханический анализ некоторых способов эксплуатации скважин» взамен ранее утвержденной Президиумом АН СССР темы докторской диссертации «Статистическая теория турбулентности».

Одновременно Президиум Академии наук СССР считает возможным освободить тов. М. Д. Миллионщикова от проверки по западноевропейским языкам, т.к. при прохождении аспирантской подготовки при Московском авиационном институте им. С. Орджоникидзе им был сдан кандидатский экзамен по английскому, французскому и немецкому языкам с отличной оценкой¹⁵.

Защита докторской диссертации Миллионщикова проходила на заседании ученого совета Института механики АН СССР 3 мая 1945 г. Работа была посвящена рассмотрению ряда важных задач в области нефте- и газодобычи. Фундаментальные результаты, представленные в диссертации, отличались новизной и оригинальностью и имели большое теоретическое и практическое значение для бурно развивавшейся в те годы нефтяной и газовой промышленности СССР. Официальными оппонентами на защите были доктор физико-математических наук П. Я. Кочина¹⁶, академик Л. С. Лейбензон и доктор технических наук, профессор В. Н. Щелкачев.

В аннотации к диссертации М. Д. Миллионщикова было отмечено, что

работа посвящена исследованию некоторых особых случаев движения жидкости в пористой среде, имеющих место при эксплуатации нефтяных скважин,

¹³ Николай Григорьевич Бруевич (1896–1987) – ученый в области машиноведения, один из создателей теории точности и надежности машин и приборов. Генерал-лейтенант инженерно-технической службы. Член-корреспондент (1939), академик АН СССР (1942).

¹⁴ Николай Гурьевич Четаев (1902–1959) – ученый в области аналитической механики, теории устойчивости движения и качественных методов теории дифференциальных уравнений. Член-корреспондент АН СССР (1943). Заслуженный деятель Татарской АССР (1940), Лауреат Ленинской премии.

¹⁵ АРАН. Ф. 438. Оп. 1. Д. 105. Л. 11.

¹⁶ Пелагея Яковлевна Кочина (урожд. Полубаринова) (1899–1999) – ученый-гидродинамик, автор широко известных пионерских результатов в механике сплошных сред, гидродинамике, теории фильтрации. Академик АН СССР (1958). Лауреат Сталинской премии.

предназначенных для добычи нефти из пластов, содержащих или подошвенную воду, или газ в верхней части пласта¹⁷.

Первая глава диссертации содержит обоснование гидромеханической модели нефтяного пласта и анализ закона фильтрации. Введенная автором гипотеза подобия и вытекающий из нее линейный размер, определяемый при помощи коэффициентов проницаемости и пористости, дают возможность построить общий закон фильтрации, которому подчинены все известные экспериментальные данные по изучению сопротивления в пористых средах. Найдены пределы, в которых справедлив линейный закон Дарси.

В своем отзыве Щелкачев пишет:

В главе I М. Д. Миллионщиков формулирует гипотезу подобия в теории фильтрации (см. стр. 17–18). Исходя из этой гипотезы и пользуясь «принципом однородности размерностей», автор для малых значений параметра Рейнольдса получает следующее выражение для «внутреннего масштаба породы l»

$$l = c_1 \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

где k – проницаемость, m – пористость породы и c_1 – безразмерная константа.

Далее автор говорит, что «универсальный для всех пород постоянный множитель c_1 может быть опущен». По этому поводу можно заметить следующее: исходя только из предшествующего вывода последней формулы, нет основания считать множитель c_1 «универсальным для всех пород». В самом деле, при выводе формулы автор исходил из теории подобия, а потому множитель c_1 , теоретически говоря, должен оставаться постоянным лишь для пород с геометрически подобными зернами и порами. Универсальность множителя c_1 автору следовало бы сначала допустить лишь в виде гипотезы, которая затем полностью оправдывается при обработке американских опытов Фэнчера, Льюиса и Бернса. Экспериментаторы исследовали самые разнообразные породы, но М. Д. Миллионщикову прекрасно удалось получить для всех пород универсальную закономерность, чем вполне обосновывается упомянутая его гипотеза.

Нельзя недооценить того факта, что, дав новое для теории фильтрации определение параметра Рейнольдса и коэффициента сопротивления, М. Д. Миллионщиков смог переработать эксперименты американских авторов и в результате, впервые (здесь и далее подчеркивание в оригинале. – И. К., М. Л.) в теории фильтрации получить диаграмму типа знаменитой диаграммы Никурадзе. В этом несомненная, большая заслуга М. Д. Миллионщикова, ибо наглядное доказательство возможности построения в теории фильтрации подобной диаграммы имеет весьма важное теоретическое и практическое значение. Диаграмма, которую на основе своих опытов построили американские авторы (см. фиг. 2), на которую часто ссылаются в американской и отечественной литературе, значительно (и именно принципиально) менее ценна, чем диаграмма (см. фиг. 3) М. Д. Миллионщикова.

Принципиальная дефектность диаграммы американских авторов состоит в том, что из их диаграммы не видно: каким параметром следует пользоваться,

¹⁷ АРАН. Ф. 438. Оп. 4. Д. 214. Л. 74.

чтобы получить универсальную закономерность в движении флюидов через различные породы. Наоборот, из диаграммы М. Д. Миллионщикова ясно видно, что использование в качестве параметра некоторой комбинации из величин проницаемости и пористости вполне достаточно для получения упомянутой универсальной зависимости. Рассуждая теперь в обратном порядке, ясно, что ошибка американских авторов и их исследования состоит в том, что они использовали в качестве параметра эффективный диаметр частиц породы. Использование проницаемости при определении параметра Рейнольдса было осуществлено в работах ГрозНИИ; однако эти работы покоились на совершенной другой основе. Согласно Миллионщикову

$$Re = \frac{1}{m^{1,5}} \frac{v \sqrt{k}}{v},$$

тогда как, выведенная по методу акад. Павловского, формула ГрозНИИ имеет такой вид:

$$Re = \frac{1}{m^{2,3}} \frac{v \sqrt{k}}{v}.$$

Результат подсчетов параметра Рейнольдса по формуле ГрозНИИ превосходят результаты Миллионщикова в $\frac{10}{m^{0,8}}$ раз, т. е. в 21,7–54,8 раз, если взять такие крайние значения пористости из опытов американских авторов: $m = 0,378-0,119$.

Проверяя построение диаграммы (Re, η^*) Миллионщикова, где

$$\eta^* = \frac{\sqrt{k} m^{1,5} \left| \frac{\Delta p}{L} \right|}{2\rho v^2}$$

и следуя его идее, мы на нескольких примерах убедились в том, что, приняв

$$\eta^* = \frac{\sqrt{k} m^{2,3} \left| \frac{\Delta p}{L} \right|}{2\rho v^2},$$

и взяв за Re его значение из формулы ГрозНИИ, получается возможность и по формуле ГрозНИИ сгруппировать около одной прямой (на логарифмической сетке) все результаты экспериментов американских авторов, если только $Re < Re_{кр}$.

Последний факт еще раз подтверждает, что при установлении критерия существования закона фильтрации Дарси следует пользоваться не величиной эффективного диаметра зерен (что для цементированных пород даже лишено смысла), а величиной коэффициента проницаемости породы.

Пользуясь своей формулой и построенной им диаграммой, М. Д. Миллионщиков нашел по образцу № 13 американских экспериментаторов ниже критическое число Рейнольдса: $Re_{кр} = 0,022$. Это число М. Д. Миллионщиков противопоставляет числу (найденному для образца № 22) $Re_{кр} = 0,29$, которое им названо верхним критическим числом Рейнольдса. Последнее название не совсем удачно, уместнее говорить о том, что числа 0,22 и 0,29 определяют для

обработанной группы американских экспериментов диапазон нижнего критического числа Рейнольдса. Заметим, что, судя по формуле ГрозНИИ, диапазон изменений нижнего критического числа Рейнольдса (по данным испытаний тех же образцов) таков:

$$0,94 < Re < 9,9.$$

В том же диапазоне лежат и результаты обработки экспериментов других авторов. Тот факт, что для разных образцов получается различное критическое значение параметра Рейнольдса, несколько напоминает аналогичное положение в трубной гидравлике (влияние шероховатости стенок труб на границе применимости закона Блазиуса); очевидно, различие в величинах $Re_{\text{крит}}$ в теории фильтрации объясняется различием в структуре порового пространства у разных образцов пород.

Сопоставляя в заключение формулу Миллионщикова для параметра Рейнольдса с формулой ГрозНИИ, нужно отметить: М. Д. Миллионщиков вывел свою формулу вне связи с формулами трубной гидравлики; поэтому подсчитанные по его формуле значения параметра Рейнольдса (в частности, значения $Re_{\text{кр}}$) нельзя численно сопоставлять со значениями параметра Рейнольдса, подсчитанными при движении жидкости по трубам. В противоположность этому значения параметра Рейнольдса, подсчитанные по формуле ГрозНИИ, можно сопоставлять с подсчетами трубной гидравлики, ибо формула ГрозНИИ основана на теории фильтрации Слихтера, в которой особым приемом движение жидкости по поровому каналу заменяется движением по цилиндрической трубке. Конечно, теория фильтрации Слихтера не вполне верна, но это не может сказаться на порядке найденных величин параметра Рейнольдса. С другой стороны, существенным преимуществом формулы Миллионщикова является простота ее вывода и ее полная независимость от какой-либо частной геометрической и кинематической схемы фильтрации (вроде, например, схемы Слихтера).

В конце главы I автор делает совершенно правильное указание, которое к сожалению, до сих пор прочно не воспринято в нефтепромысловой практике: режим фильтрации в пласте надо определять на основании подсчетов параметра Рейнольдса, а не по индикаторным кривым, форма которых зависит еще от многих факторов¹⁸.

Во второй главе Миллионщиковым исследован процесс эксплуатации скважины при наличии подошвенной воды. Установлены условия безводной эксплуатации скважины через отверстия в верхней части пласта. Дана оценка влияния непроницаемых включений на допустимый дебит при безводной эксплуатации. Установлено, что во всех случаях допустимый дебит чрезвычайно низок. Дано приближенное решение задачи о движении водонефтяного контакта и о процессе обводнения скважины. Установлен параметр времени, позволяющий анализировать обводнение скважин в промысловых условиях. Обработаны результаты наблюдений по скважинам Сызранского нефтепромысла и дано сравнение с предложенной теорией.

В начале своего отзыва Щелкачев кратко перечисляет основные проблемы, рассмотренные Миллионщиковым во второй главе диссертации:

¹⁸ Там же. Л. 49–49 об.

В главе II разобрано множество вопросов, связанных с эксплуатацией скважины при наличии в пласте подошвенной воды: выясняются условия безводной эксплуатации при малых темпах отбора, исследуется форма и характер движения водонефтяного контакта (явление конинга), темпы изменения процента обводненности скважины, устанавливается возможность бесконусной эксплуатации при больших темпах отбора нефти и воды из скважины, выясняется влияние кровли и подошвы пласта нефти и воды на характер бесконусной эксплуатации, проводится анализ гидромеханической эффективности химического тампонажа¹⁹.

Далее Щелкачев весьма подробно анализирует данную главу:

Начало главы II посвящено общим заключениям по поводу условий эксплуатации скважин без прорыва в нее поднимающейся конусом подошвенной воды. Сначала автор выводит (стр. 27, 28) формулу понижения давления

$$\Delta p = (\gamma_v - \gamma_n)\xi$$

в любой точке приподнявшегося и находящегося в статическом положении нефтяного контакта. Как указывает сам автор, эта формула не является новой – ею пользовался, например, Маскет.

Заметим, кстати, что при выводе этой формулы М. Д. Миллионщиков мог не ограничивать себя оговорками о том, что отверстия для отбора жидкости находятся у кровли пласта. Под h и a достаточно было подразумевать аппликаты отверстий отбора (которые не обязательно должны быть у кровли пласта) и точек на первоначальном водонефтяном контакте; для последующей формулы максимального перепада давления нужно было считать известной только разность этих аппликат, т.е. расстояние от отверстий отбора до первоначального водонефтяного контакта.

Последующий анализ приведенной выше формулы, т.е. подсчет максимального перепада давления у отверстий отбора, при котором из скважины отбирается только нефть без воды, проведен автором совершенно правильно; анализ сопровождается точным подсчетом градиентов давления в водяной и нефтяной зонах на границе воды и нефти, причем дана физическая интерпретация соотношения величин градиентов.

Правильность этой стадии анализа М. Д. Миллионщикова мы подчеркиваем потому, что американский физик Маскет, впервые сделавший попытку строгого исследования конинга, допустил ошибку как раз в той же стадии своего анализа. Ошибка Маскета серьезная, принципиальная и ее впервые вскрыл в своей работе М. Д. Миллионщиков. Маскет утверждал (и на основании неверной физической схемы явления делал подсчеты), что конусоидальная поверхность водонефтяного контакта будет обладать устойчивостью лишь до тех пор, пока апекс этой поверхности не достигнет некоторой высоты, после чего малейшее поднятие водонефтяного контакта нарушит равновесие и в скважину прорвется подошвенная вода. М. Д. Миллионщиков правильно учел распределение давления в слое подошвенной воды во время работы скважины и показал, что водонефтяной контакт может находиться в состоянии устойчивого равновесия даже и тогда, когда его апекс сколь угодно близко подойдет к отверстию отбора. При таком статическом состоянии водонефтяного

¹⁹ Там же. Л. 49.

контакта нефть будет двигаться вдоль него как вдоль непроницаемой границы, см. фиг. 4 работы Миллионщикова (на этой фигуре нет необходимости отверстия отбора показывать обязательно у кровли пласта).

Заметим, что выводы М. Д. Миллионщикова находятся в полном согласии с выводами гидрогеологов. Гидрогеологический закон В. Shyben'a и Herzberg'a и следствия из этого закона вполне правильно устанавливают характер явления, совершенно аналогичного тому явлению, в анализе которого была допущена ошибка Маскета.

Именно при анализе положения контакта соленопресной воды гидрогеологи вывели точную формулу поднятия любой точки контакта в зависимости от перепада давления в этой точке m от разности удельных весов соленой и пресной воды; гидрогеологи правильно излагали явление *swimming'a* – явление «скольжения пресной воды по конусоидальной поверхности контакта соленопресных вод».

Однако, насколько нам известно, гидрогеологи не дали развернутого математического анализа явления конинга, это сделано далее М. Д. Миллионщиковым на основании упомянутой правильной физической схемы. Поэтому, несомненно, многие последующие выводы М. Д. Миллионщикова имеют гораздо более обширную область применения, чем это отражено в работе автора. Выводы и формулы М. Д. Миллионщикова могут быть использованы в гидрогеологии.

В приближенной формуле дебита скважины (стр. 29) имеется небольшая погрешность: при подсчете дебита скважины (по формуле, отвечающей точечному стоку в пространстве 3-х измерений) следовало взять за коэффициент не величину 4π , а величину 2π , соответствующую половине мощности стока; кстати сказать, только при использовании этой формулы нужно было допустить, что отверстия отбора находятся именно у кровли.

При исследовании формы контактной поверхности М. Д. Миллионщиков применяет приближенный прием, аналогичный тому, который используется в теории волн бесконечно малой амплитуды. Приближенный прием дает автору возможность упростить постановку краевой задачи и с помощью Бесселевых функций сразу получить решение дифференциального уравнения Лапласа в цилиндрических координатах.

Автору следовало бы оговорить, что условие постоянства радиальной скорости на стенке скважины (в интервала прострелки дыр) является приближенным допущением. Также следовало оговорить, что толщина слоя подошвенной воды предполагается большой, а потому (в противоположность указанию автора на стр. 41) влияние подошвы пласта, по существу, не учитывается. Для иллюстрации решения автор приводит один численный пример (стр. 38), который показывает, что максимальный допустимый в условиях безводной эксплуатации дебит скважины слишком мал. Отсюда автор делает весьма важный для практики вывод (стр. 39): «простое ограничение дебита при эксплуатации скважины, имеющей подошвенную воду, практически нецелесообразно».

Некоторое сомнение вызывает строгость подсчета дебита в числовом примере автора. В примере принято, что конус поднимается на высоту, равную половине мощности нефтяной зоны пласта, и это не согласуется с приближенным приемом решения задачи для случая малых возмущений первоначально горизонтального водонефтяного контакта. Во вторых, автор должен был предположить, что ε мало по сравнению с h . Тот факт, что ε – длина интервала прострелки отверстий совершенно не входит в окончательные формулы, свидетельствует о некоторой их дефектности.

Желательно также, чтобы автор выяснил причину некоторого расхождения в результатах его подсчета дебита скважины (стр. 38) и результатов подсчета Маскета – см. график 188 на стр. 495 его книги. По графику Маскета, для тех значений физико-геологических констант, которые фигурируют в примере Миллионщикова, максимальный дебит превосходит в 5–6 раз значение дебита, подсчитанное М. Д. Миллионщиковым. Однако даже при 5–6-кратном увеличении максимальный дебит все же оказывается очень мал и принципиальный вывод автора остается в силе; этот вывод необходимо учитывать в очень многих случаях эксплуатации скважин с подошвенной водой.

Однако для большей убедительности и для расширения возможности приложения вывода автора в реальных условиях автору в дальнейшем следует (тем же методом) провести анализ явления конинга при учете того, что пласт в направлении перпендикулярном к поверхности напластования часто имеет более низкую проницаемость, чем вдоль напластования. Этот простой случай анизотропии пласта следует учесть и при исследовании темпов подъема конуса. Кроме того, можно порекомендовать автору построить графики (аналогичные графикам Маскета), которые бы наглядно иллюстрировали влияние гидродинамического несовершенства скважины на ее дебит и более полно иллюстрировали бы явление конинга.

В § 4 главы II М. Д. Миллионщиков дает приближенный анализ гидромеханической эффективности химического тампонажа скважин; автор выясняет влияние образованного тампонажем непроницаемого включения (в форме сплюснутого эллипсоида вращения или диска) на форму контактной поверхности и на величину допустимого максимального дебита при безводной эксплуатации скважины.

При рассмотрении приближенной картины осесимметричного движения автор использует свойства функции тока Стокса, предполагая, что размеры тампонажного эллипсоида малы по сравнению с расстоянием от стока у кровли пласта до этого эллипсоида.

Численный пример, иллюстрирующий полученные формулы, приводит автор к выводу о крайне незначительном влиянии тампонажного непроницаемого включения на уменьшение максимального допустимого дебита скважины.

Для того чтобы этот весьма ответственный вывод сделать более убедительным, автору следовало бы разобрать также вопросы:

1. Не влияет ли на количественный подсчет автора то обстоятельство, что при выводе использовано приближенное уравнение (35.2) контактной поверхности (стр. 52), тогда как нарушение формы водонефтяного контакта в рассматриваемом числовом примере (стр. 54–54) отнюдь нельзя считать малым.

2. Химический тампонаж часто применяется для того, чтобы временно снизить процент обводненности скважины при сохранении дебита. Поэтому важно выяснить не столько величину максимального допустимого дебита в условиях безводной эксплуатации, сколько ход процесса изменения степени обводненности скважины после химического тампонажа и срок, через который скважина вернется к прежнему состоянию обводненности. При этом опять следует учесть пониженную вертикальную проницаемость пласта.

Исследованию движения водонефтяного контакта автор предпосылает сравнительный анализ величин

$$\frac{K_H}{\mu_H} \text{ и } \frac{K_e}{\mu_e},$$

где K_H и K_B проницаемости пласта для нефти и воды, а μ_H и μ_B вязкости нефти и воды.

Автор приходит к выводу (стр. 58), что

$$\frac{K_H}{\mu_H} \cong \frac{K_B}{\mu_B}.$$

Для большинства возможных случаев с таким выводом мы согласиться не можем.

Подразумевая под K_H и K_B эффективные проницаемости пласта для нефти и воды, а под K – абсолютную проницаемость, будем рассуждать так: если в нефтяной зоне нет реликтовой воды, то $K_H = K$; при насыщенности же пор пласта реликтовой воды в количестве 20–25% мы получим:

$$\frac{K_H}{K} \cong 0,7.$$

И в том и в другом случае можно предполагать, что количество остаточной нефти в пласте сзади продвинувшегося водонефтяного контакта будет не больше 20–40 % (считается, что при выталкивании нефти водой коэффициент отдачи нефти пластом порядка 0,6–0,8). В таком случае в обводнившейся зоне пласта

$$\frac{K_B}{K} \cong 0,3 - 0,6.$$

Как выше было отмечено, в нефтяной области

$$\frac{K_H}{K} \cong 0,7 - 1.$$

Поэтому

$$\left(\frac{K_H}{K} : \frac{K_B}{K} \right)_{maxim} = \left(\frac{K_H}{K_B} \right)_{maxim} = 1 : 0,3 \cong 3;$$

$$\left(\frac{K_H}{K} : \frac{K_B}{K} \right)_{minim} = \left(\frac{K_H}{K_B} \right)_{minim} = 0,7 : 0,5 \cong 1,2.$$

Однако в пластовых условиях чаще всего

$$\frac{\mu_H}{\mu_B} > 3;$$

поэтому

$$\frac{K_H}{\mu_H} : \frac{K_B}{\mu_B} = \frac{K_H}{K_B} : \frac{\mu_H}{\mu_B} < 1.$$

При подсчетах мы пользовались известными из американской литературы графиками зависимости относительных проницаемостей породы для нефти и воды от нефте-водонасыщенности пласта.

Заметим, что это же наше рассуждение подтверждается собственным же графиком автора – см. фиг. 11, на котором совпадение практических наблюдений и теоретических результатов получилось при

$$\frac{K_H}{\mu_H} : \frac{K_B}{\mu_B} = \frac{1}{\beta} = 0,5.$$

Кроме того, можно сослаться на многочисленные промысловые наблюдения, отмечающие самопроизвольное увеличение дебита скважин при приближении к забоя скважин пластовой воды, требующей для своего продвижения меньшего перепада давления.

В §§ 6 и 7 главы II автор дает приближенное решение задачи о движении водонефтяного контакта и подсчитывает процент отбора нефти из скважины (коэффициент нефтесодержания) после прорыва в скважину подошвенной воды. Совершенно справедливо указывая на непреодолимую трудность точного решения задачи, автор оговаривает приближенность тех приемов решения, которые он использует в § 6. Однако, автор почему-то не оговаривает, что выведенная им в § 5 формула (47.2) также является приближенной. Ведь при выводе всех предыдущих формул § 5 (формул 44.2–46.2 и формулы для $\sin \alpha$) предполагалось что $\beta = 1$, а потому и формула 47.2, строго говоря, является справедливой лишь при $\beta = 1$.

Тем не менее выведенные автором приближенные формулы представляют очень большой интерес, автор остроумно выражает коэффициент нефтесодержания через интервал времени, подсчитывает в долях периода безводной эксплуатации скважины. Фиг. 11 М. Д. Миллионщикова иллюстрирует прекрасное совпадение результатов подсчетов по теоретическим приближенным формулам с фактическими материалами Сызранского нефтепромысла.

В § 10 главы II М. Д. Миллионщиков поясняет сущность нового метода эксплуатации скважины без конуса подошвенной воды. Хотя почти одновременно с М. Д. Миллионщиковым идея этого метода была высказана инж. А. А. Болтышевым, но только в работе с М. Д. Миллионщикова новый метод получил прочное гидромеханическое обоснование.

Сущность вновь предложенного метода состоит в том, чтобы, простреляв отверстия в колонне против нефтеносной части пласта вблизи кровли и против водоносной части вблизи подошвы, одновременно проводить отбор и нефти, и воды.

Как справедливо говорит автор, всегда можно подобрать такое соотношение между темпами отбора нефти и воды, что «точка равновесия» будет лежать на водонефтяном контакте, т. е. при отборе жидкости явление конинга будет исключено.

Внедрение в практику нефтедобычи обоснованного автором нового метода «бесконечной эксплуатации» скважин с подошвенной водой сулит большие возможности. Автору следовало бы сделать свои предложения о наилучшей технике осуществления этого метода на практике.

В конце § 10 автор вскользь касается одного вопроса, который не имеет прямого отношения к основному содержанию параграфа, но утверждение автора нуждается в дополнении. М. Д. Миллионщиков говорит (стр. 74), что «при верхнем отборе (жидкости из скважин) остановки приводят к временному увеличению коэффициента нефтесодержания». Практика показывает, что в некоторых (далеко не во всех) случаях временная остановка не снижает, а иногда даже увеличивает процент отбора воды из скважин. То же подтверждают опыты Ливингстона и Плуммера – эти авторы описывают образование оболочки воды вокруг забоя скважины во время ее остановки. Подобные явления имеют место лишь в мелкопористых, тонкозернистых породах, в которых

капиллярные силы и силы поверхностного натяжения играют значительную роль.

В следующих параграфах автор, постепенно усложняя задачу учетом большего количества факторов, выводит соотношение между дебитами воды и нефти, при котором гарантируется бесконусная эксплуатация; в процессе решения автор удачно преодолевает трудности математического анализа задачи.

По поводу этого цикла решенных автором задач (см. §§ 11–15) считаю нужным высказать ряд пожеланий:

1. Получение решения и формулы следовало бы иллюстрировать графическим и табличным материалом. Например, следовало бы произвести численные подсчеты по формулам (60.2), (61.2), (81.2), (85.2); несомненно, что анализ таблиц и графиков позволит автору сделать практически теоретически ценные новые выводы. Кстати сказать, если бы автор начал проводить числовые подсчеты по своим формулам, то он сразу бы обнаружил, что в итоговые формулы (51.2), (55.2), (56.2) вклялись алгебраические ошибки: в левых частях этих

формул должно стоять не $\frac{Q_H}{Q_B}$, а $\frac{Q_B}{Q_H}$.

2. Книга Маскета получила столь большую и заслуженную известность, что следовало бы не ограничивать одним только упоминанием (см. стр. 87) об ошибках Маскета, а дать более подробный анализ²⁰.

В третьей главе исследованы условия эксплуатации скважины при наличии газа в верхней части пласта. Установлены такие условия, при которых свободный газ сохраняется в пласте. Дано приближенное решение задачи о неустановившемся движении жидкости со свободной поверхностью.

Анализируя третью главу диссертации, Щелкачев указывает:

Глава III посвящена исследованию установившегося и неустановившегося движения подгазовой нефти при эксплуатации скважины проведенной вблизи газовой шапки полого залегающего пласта. Подсчитывается критический дебит скважин, при котором не происходит прорыва в нее газа, и анализируется процесс периодической эксплуатации скважины [...]

В книге Маскета исследуется вопрос эксплуатации скважины с подгазовой нефтью, но Маскет решает этот вопрос для случая одновременного притока газа и нефти к скважине. М. Д. Миллионщиков рассматривает другую проблему – проблему отбора скважинной подгазовой нефти при таких условиях, когда отбор газа исключен. В § 1 главы III М. Д. Миллионщиков весьма просто выясняет: при каком перепаде давления газа в скважине газ в нее не прорывается, если отверстия сбора нефти расположены значительно ниже первоначального газонефтяного контакта? Учитывая, что при условиях установившегося движения подгазовой нефти газовая шапка находится в статическом состоянии, автор решает задачу притока к скважине подгазовой нефти по методу Дюпюи для случая движения жидкости со свободной поверхностью.

Далее автор решает две проблемы неустановившегося движения подгазовой нефти в условиях гравитационного режима – «проблему истощения

²⁰ Там же. Л. 50 об-53.

залежи» (или, лучше сказать, проблему эксплуатации подгазовой залежи нефти при определенном снижении давления в скважине после снижения давления в ней, но при постоянном давлении на границе залежи (процесс постепенного приближения неустановившегося движения к установившемуся). Заметив, что при установившемся движении дебит с течением времени уменьшается весьма быстро, М. Д. Миллионщиков справедливо ставит вопрос о целесообразности периодической эксплуатации скважины. Автор дает приближенное решение задачи о восстановлении давления в скважине после прекращения отбора из нее нефти. Автор доказывает, что при соотношении интервалов времени работы и стоянки скважины «1 к 10» уровень жидкости в скважине после ее остановки восстанавливается практически до своей первоначальной величины. При таком чередовании стоянки и работы скважины хотя и не получается увеличение суточной добычи из нее нефти, но периодическая эксплуатация может быть оправдана некоторыми технико-экономическими соображениями.

При решении упомянутых выше проблем неустановившегося движения подгазовой нефти автор использует приближенный прием, позволяющий ему свести основное диф. уравнение к диф. уравнению теплопроводности. Далее автор дает оценку возможной погрешности решения при различных условиях, причем, пользуясь асимптотическими разложениями функции Бесселя, автору удается дать достаточно полную картину течения неустановившегося процесса.

Исследования М. Д. Миллионщикова проблемы до сих пор не имели гидромеханического решения; эти проблемы представляют решения практических вопросов эксплуатации Бугурусланских месторождений с подгазовой нефтью²¹.

В главах четвертой и пятой приведены методы приближенного решения задач о движении газа и газированной жидкости в пористой среде. Показано, что при высоком противодавлении на забой скважины задача о неустановившемся движении в обоих случаях сводится к уравнению теплопроводности и, следовательно, при расчетах можно воспользоваться результатами, полученными в третьей главе, где к уравнению теплопроводности была сведена задача о движении жидкости в пористой среде при наличии свободной поверхности.

Относительно четвертой главы Щелкачев пишет:

В главе IV затронуты вопросы установившегося движения газированной нефти и один частный случай неустановившегося движения [...]

В § 1 главы IV М. Д. Миллионщиков весьма просто доказывает теорему о невозможности установившегося движения жидкости, если при движении смеси жидкости и газа скорость фильтрации газа равна нулю. До сих пор этот факт рассматривали лишь как результат известных экспериментов американских авторов Ботсетта и Викола.

Для одного частного, но достаточно важного случая движения газированной нефти М. Д. Миллионщиков указал приближенный прием, позволивший свести задачу к интегрированию уравнения теплопроводности; дальнейший путь решения задачи таков же, как и в предшествующей главе.

²¹ Там же. Л. 53–53 об.

Должен заметить, что одно из приближенных допущений, а именно допущения (см. стр.119)

$$F_L(\rho) = A(p') = a + b = \alpha_0 = const,$$

кажется мне довольно грубым ²².

Анализируя пятую главу он отмечает:

В главе V обосновывается возможность линеаризации дифференциальных уравнений акад. Лейбензона для движения газа в пористой среде; на основании этого указываются простые приближенные приемы решения притока газа к скважине [...]

В главе V разработан прием, позволивший с известным приближением вести основное диф. уравнение акад. Лейбензона для движения газа к диф. уравнению теплопроводности и дальше исследовать задачу тем же способом, который был применен в главе III.

Как справедливо указывает сам автор, упомянутый прием пригоден лишь для случая малого перепада давления, но именно этот случай представляет особый интерес при эксплуатации газовых скважин. Продемонстрированное на графиках №№ 16 и 17 хорошее согласие между решениями М. Д. Миллионщикова и результатами экспериментов Д. С. Вилькера с одномерным движением газов в пористой среде служит хорошей иллюстрацией доброкачественности приближенных решений, разработанных автором в главе V.

Приближенные приемы решения проблем неустановившегося движения, рассмотренных автором в главах III–V, особенно ценны потому, что позволяют одновременно получить и несколько преувеличенные, и несколько уменьшенные значения искомых величин. Так как в интересующих автора случаях преувеличенное значение не сильно отличается от уменьшенного, то получается возможность дать примерную оценку погрешности приближенного решения ²³.

Диссертационная работа Миллионщикова получила высокую оценку ученых и инженеров и внесла большой вклад в развитие методов нефтедобычи и в целом в механику жидкости и газа. Михаил Дмитриевич значительно развил исследования тех проблем гидро- и нефтемеханики, которые считались наиболее сложными, продемонстрировав математическую культуру и глубокое понимание физической природы явлений. Он проявил большое искусство в постановке решаемых им задач и в применении соответствующего математического аппарата. Чрезвычайно важным в диссертационной работе было введение ее автором нового линейного масштаба – внутреннего масштаба породы и формулы для вычисления числа Рейнольдса, что привело к замечательному результату – дало возможность объединить обширный экспериментальный материал и позволило раскрыть физическую суть явления фильтрации.

Оценивая диссертационную работу в целом, Шелкачев писал в своем отзыве:

²² Там же. Л. 53.

²³ Там же. Л. 54.

В своей диссертационной работе М. Д. Миллионщиков значительно продвинул разработку тех проблем гидро-нефтемеханики, которые, по справедливости, считались наиболее сложными. В процессе разработки этих проблем автор продемонстрировал свою вполне зрелую математическую культуру, а также способность к глубокому самостоятельному анализу физической природы явления.

С одинаковым правом можно отметить и теоретическое и практическое значение выполненной М. Д. Миллионщиковым работы.

По новизне, актуальности и оригинальности особенного внимания и особой высокой оценки теоретиков и практиков в области технологии нефтедобычи заслуживают следующие фундаментальные результаты работы М. Д. Миллионщикова:

1. Построение применительно к теории фильтрации диаграммы типа диаграммы Никурадзе.

2. Правильный анализ распределения градиентов давления при статическом положении водонефтяного контакта в условиях явления конинга; доказательство устойчивости равновесия конусоидальной поверхности водонефтяного контакта.

3. Определение зависимости коэффициента нефтесодержания от времени после прорыва подошвенной воды в скважину.

4. Обоснование и определение условий бесконусной эксплуатации скважины при наличии подошвенной воды.

5. Определение условий притока к скважине подгазовой нефти без прорыва газа в скважину; сопоставление результатов непрерывной и периодической эксплуатации таких скважин.

6. Разработка методов решения многих проблем неустановившегося движения флюидов в пористой среде.

Автор не ограничился абстрактно-теоретическим исследованием, но доказал хорошее согласие многих результатов своих исследований с результатами отечественных и американских экспериментов и с результатами промысловых наблюдений.

Диссертационная работа М. Д. Миллионщикова является весьма ценным вкладом в подземную нефтемеханику. В очень многих разделах работа представляет большой интерес и для гидрогеологов.

Остается пожелать автору не останавливаться на достигнутом, перейти к исследованию смежных задач, усовершенствовать найденные и приближенные решения, корректирующие их путем обработки экспериментальных и промысловых данных.

На основании всего вышеизложенного считаю, что М. Д. Миллионщиков несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук ²⁴.

Докторская диссертация была успешно защищена Миллионщиковым на заседании ученого совета Института механики АН СССР 3 мая 1945 г. под председательством члена-корреспондента АН СССР Н. Г. Четаева (см. прил. 6).

²⁴ Там же. Л. 54–54 об.

Вскоре после утверждения в ученой степени доктора технических наук распоряжением Президиума АН СССР за подписью президента академии С. И. Вавилова и академика-секретаря президиума Н. Г. Бруевича (протокол № 16 от 13 июня 1946 г.) Миллионщиков был утвержден в должности заместителя директора Института механики АН СССР.

На основе диссертации Михаил Дмитриевич подготовил монографию, которая была представлена на заседаниях ученого совета Института механики АН СССР и бюро Отделения технических наук АН СССР и утверждена к печати. Однако по ряду причин книга не увидела свет. Научные результаты, полученные Миллионщикова в области подземной гидравлики, вошли в учебники по эксплуатации нефтяных скважин и имели определяющее значение при разработке Туймазинского, Ромашкинского, Самотлорского и всех грозненских нефтяных месторождений. Результаты некоторых работ Михаила Дмитриевича в области движения нефти в пластах горных пород, выполненных при участии специалистов Проектно-исследовательского бюро по разработке нефтяных месторождений Московского нефтяного института им. И. М. Губкина, были включены в аннотации, изданные в «Трудах» института, а также опубликованы в журнале «Инженерный сборник»²⁵.

Выполненные Миллионщиковым в 1940-х гг. в ЦАГИ работы по движению газовых потоков в каналах явились теоретической основой расчета газопроводов большой протяженности; другим важным приложением этих исследований была разработка методов расчета сверхзвуковых сопел реактивных двигателей.

Весной 1949 г. М. Д. Миллионщикова – уже известного ученого в области аэро- и гидродинамики – перевели из Института механики АН СССР в «закрытую» Лабораторию измерительных приборов – будущий Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова. При этом стоит отметить, что Институт механики категорически возражал против ухода Миллионщикова из института. Член-корреспондент АН СССР Н. Г. Четаев, в то время директор института, оставил такую резолюцию на заявлении Миллионщикова об освобождении его от обязанностей заместителя директора по научной работе Института механики АН СССР:

Отказать. Освобождение М. Д. нанесло бы Институту механики очень большой вред, так как М. Д. является крайне ценным, незаменимым работником, инженером, крайне нужным для руководящей работы в дирекции Института механики и в Отделе фильтрации. По теории фильтрации он после

²⁵ Миллионщиков М. Д. Исследование эксплуатации скважин вблизи газовой шапки // Труды Московского нефтяного института им. И. М. Губкина. М.; Л., 1945. Вып. 3 (Аннотации научно-исследовательских работ за период 1938–1944 гг.). С. 73; Миллионщиков М. Д., Казарновская Б. Э. Размещение скважин (схемы и дебиты) при начальном горизонтальном разделе вода – нефть // Труды Московского нефтяного института им. И. М. Губкина. М., 1947. Вып. 6 (Аннотации научно-исследовательских работ за 1945 г.). С. 18; Миллионщиков М. Д. Обводнение скважин подошвенной водой // Инженерный сборник. 1948. Т. 5. № 1. С. 182–188; Миллионщиков М. Д. Движение газированной нефти в пористой среде // Инженерный сборник. 1949. Т. 6. № 2. С. 190–193; Миллионщиков М. Д. Гидромеханический анализ «химического тампонажа» скважин // Инженерный сборник. 1950. Т. 7. № 1. С. 49–54.

Л. С. Лейбензона является первым в нашем Союзе. Удовлетворить просьбу мне не позволяет дело развития механических исследований в Институте механики. Н. Четаев. 9.III.49²⁶.

Работы М. Д. Миллионщикова в рамках Атомного проекта СССР были посвящены разработке диффузионного и центрифужного методов разделения изотопов для получения оружейного урана. Он также внес важный вклад в создание высокотемпературных ядерных реакторов различного назначения, в изучение свойств низкотемпературной плазмы. Его достижения в области прикладной физики и ядерной энергетики были отмечены избранием в 1953 г. членом-корреспондентом, а в 1962 г. — академиком АН СССР, присуждением Сталинской премии в 1951 и 1954 гг. и Ленинской премии в 1961 г.

Авторы выражают благодарность Архиву РАН за помощь в подготовке статьи.

Приложение 1

Аннотация к диссертационной работе М. Д. Миллионщикова «Гидромеханический анализ некоторых способов эксплуатации нефтяных скважин»²⁷

Работа посвящена исследованию некоторых особых случаев движения жидкости в пористой среде, имеющих место при эксплуатации нефтяных скважин, предназначенных для добычи нефти из пластов, содержащих или подошвенную воду, или газ в верхней части пласта.

Исследование проводится методами теории фильтрации.

Первая глава содержит обоснование гидромеханической модели нефтяного пласта и анализ закона фильтрации. Введенная автором гипотеза подобия и вытекающий из нее линейный размер, определяемый при помощи коэффициентов проницаемости и пористости, дают возможность построить общий закон фильтрации, которому подчинены все известные экспериментальные данные по изучению сопротивления в пористых средах. Найдены пределы, в который справедлив линейный закон Дарси.

Во второй главе исследована эксплуатация скважины при наличии подошвенной воды. Установлены условия безводной эксплуатации скважины через отверстия против верхней части пласта. Дана оценка влияния непроницаемых включений на допустимый дебит при безводной эксплуатации. Установлено, что во всех случаях допустимый дебит чрезвычайно низок.

Дано приближенное решение задачи о движении водонефтяного контакта и о процессе обводнения скважины. Установлен параметр времени, позволяющий анализировать обводнение скважин в промысловых условиях. Обработаны результаты наблюдений по скважинам Сызранского нефтепромысла и дано сравнение с предложенной теорией.

В третьей главе исследованы условия эксплуатации скважины при наличии газа в верхней части пласта. Установлено условие эксплуатации, при котором свободный газ сохраняется в пласте. Дано приближенное решение задачи о неустановившемся движении жидкости со свободной поверхностью.

²⁶ АРАН. Ф. 438. Оп. 4. Д. 214. Л. 122.

²⁷ Там же. Л. 74.

В главах четвертой и пятой даны методы приближенного решения задач о движении газа и газированной жидкости в пористой среде. Показано, что при высоком противодавлении на забой скважины задача о неустановившемся движении в обоих случаях сводится к уравнению теплопроводности и, следовательно, при расчетах можно воспользоваться результатами, полученными в третьей главе, где к уравнению теплопроводности была сведена задача о движении жидкости в пористой среде, при наличии свободной поверхности.

Миллионщиков

Приложение 2

Тезисы к работе М. Д. Миллионщикова «Гидромеханический анализ некоторых способов эксплуатации нефтяных скважин»²⁸

1. Движение жидкости в пласте в очень широких пределах изменения дебита скважин подчиняется закону Дарси. Нижнее значение числа Рейнольдса, при котором намечается отклонение от линейного закона Дарси, определяется равенством $Re = 0,022$

$$Re = \frac{\rho \vartheta}{\mu} \sqrt{\frac{k}{m^3}}$$

где

k – коэффициент проницаемости,
 m – коэффициент пористости,
 μ – абсолютная вязкость жидкости,
 ρ – массовая плотность жидкости,
 ϑ – скорость фильтрации.

Число Рейнольдса образовано при помощи «внутреннего масштаба породы» e , определяемого равенством

$$e = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

и истинной скорости движения жидкости, которая связана со скоростью фильтрации и зависимостью

Введение внутреннего масштаба породы позволило объединить различные закономерности, полученные при изучении фильтрации жидкостей в равных породах, в общий закон сопротивления; использование этого закона и приводит к выводу о нижнем критическом числе Рейнольдса. Практическое значение внутреннего масштаба породы заключается также в том, что отпадает необходимость в определении среднего диаметра частиц, образующих породу, который не является характерным линейным размером при изучении проводящих свойств породы.

2. Выводы из анализа общего закона сопротивления позволяют в широких пределах пользоваться линейным законом Дарси при движении однородных

²⁸ Там же. Л. 64–68.

жидкостей, т. е. изучать движение жидкости в пласте при помощи теории потенциала. Этим методом исследована задача об эксплуатации скважин при наличии в пласте подошвенной воды. Установлено, что если подошвенная вода поднялась до уровня отверстий отбора жидкости, то при депрессии на забой, не превышающей $(P)_{\max}$, определяемого равенством, где Q_n – дебит нефти, Q – общий дебит скважины, изменяется после момента прорыва с течением времени по закону

$$K \frac{1}{(1 - \beta) + \beta^3 \sqrt{\tau}}$$

где β – объемный модуль упругости жидкости, τ – безразмерное время, единицей этого времени является,

$$t_{np} = \frac{2\pi h^3 m}{3 Q}$$

следовательно,

$$\tau = \frac{t}{\frac{2\pi}{3} \cdot \frac{h^3}{m}}$$

Сравнение формулы для с материалами Сызранского нефтепромысла (фиг. № (номер не указан. – И. К., М. Л.) показывает, что она удовлетворительно описывает явление в условиях непрерывной эксплуатации скважины.

3. В тексте приводятся формулы для вычисления до допустимого дебита при наличии непроницаемой подушки, созданной методом химического тампонажа. Подсчеты по этим формула показывают, что эффективность этого метода очень мала.

4. Для того чтобы обеспечить постоянство коэффициента нефтесодержания при интенсивном отборе, автор предлагает метод бесконусной эксплуатации, заключающийся в том, что в процессе эксплуатации производится одновременный отбор жидкости из отверстий, простреленных против водной и нефтяной зон пласта; отношение количества отбираемых жидкостей определяется из условия, чтобы точка пересечения статического контакта с осью скважины являлась точкой равновесия при эксплуатации.

Приближение отношения объемного количества нефти к количеству отбираемой воды определяется формулой

$$\frac{Q_n}{Q_b} = \frac{\mu_b}{\mu_n} \cdot \frac{h_n}{h_b}$$

Более точные расчеты приводятся в тексте.

5. Детальный анализ условий эксплуатации скважины, предназначенной для извлечения подгазовой нефти, приводит к следующим результатам.

а) Нефть может извлекаться из скважины при условиях сохранения газа в пласте в том случае, если приток нефти в скважину происходит под действием гравитационных сил, возникающих вследствие понижения уровня жидкости вблизи скважины до некоторой предельной отметки, находящейся выше отверстий отбора.

Допустимый дебит скважины может быть определен в случае установившегося движения, по формуле

$$Q = 4,2 h_0^2 \frac{k}{\mu} \text{ м}^3 / \text{сутки}$$

где h_0 – отношение толщины нефтяной зоны пласта к 10 метрам, $\frac{k}{\mu}$ – отношение проницаемости породы в дарси к вязкости нефти в сантипуазах.

Пример $h_0 = 20$ м
 $k = 1$ дарси

$$Q = 4,2 * 4 * \frac{1}{10} = 1,68 \frac{\text{мл}}{\text{сутки}}$$

$$\begin{aligned} \mu &= 10 \text{ ц.п.} \\ h &= 20/10 = 2 \\ k/\mu &= 1/10 \end{aligned}$$

б) Для Бугурусланского района с небольшой мощностью нефтяной зоны допустимые дебиты в установившемся движении оказываются очень низкими.

Так, при $h_0 = 10$ м, $Q = 0,42 \frac{\text{м}^3}{\text{сутки}}$.

Следует отметить, что в действительности в пласте нет установившегося движения, т.к. величина на контуре питания падает по мере отбора жидкости. Следовательно, с течением времени этот допустимый отбор должен уменьшаться.

В связи с этим исследовано неустановившееся движение жидкости в пласте под действием гравитационных сил.

В частности, установлено, что при периодической эксплуатации скважины с отношением периода работы к периоду стоянки порядка 1:10 может быть получен практически тот же среднесуточный дебит, что и при непрерывной эксплуатации.

6. Исследование движения газированной нефти приводит к следующим выводам:

а) если свободный газ в пористой среде неподвижен, то жидкость может совершать только неустановившееся движение;

б) при высокой насыщенности и высоком противодавлении между давлением и насыщенностью существует линейная связь;

в) при высокой насыщенности и высоком противодавлении неустановившееся движение газированной жидкости достаточно точно описывается уравнением теплопроводности.

7. Неустановившееся движение газа в пористой среде с большой степенью точности описывается уравнением теплопроводности.

Приложение 3

Отзыв о работе М. Д. Миллионщикова «Гидромеханический анализ некоторых способов эксплуатаций нефтяных скважин»²⁹

Работа М. Д. Миллионщикова посвящена рассмотрению целого ряда весьма важных задач, являющихся актуальными при изучении рациональных способов эксплуатации нефтяных скважин. Некоторые из этих задач (работа скважин

²⁹ Там же. Л. 43–48.

при наличии подошвенной воды) получили подробное освещение в исследованиях автора, другие (движение газированной нефти) затронуты лишь частично, но во всех случаях результаты, полученные автором, представляют несомненный интерес.

При изучении реальных движений в пористой среде (как и в других случаях применения гидродинамики к исследованию реальных явлений) чрезвычайно важное значение имеет умение исследователя упростить задачу таким образом, чтобы решение, правильно отражающее основные черты явления, было достаточно простым, легко обозримым и дающим явную зависимость от основных параметров задачи. Этим умением автор обладает в высокой степени.

В большинстве поставленных им задач он идет по пути замены действительного явления упрощенной схемой его, для которой можно получить или точное решение, или приблизительное, но допускающее некоторую оценку погрешности.

Большая часть работы посвящена вопросу о работе скважины при наличии подошвенной воды. Здесь автор прежде всего дает критическое рассмотрение постановки Маскетом и Никовым и выясняет, что заключение последних о возможности неустойчивого положения поверхности водонефтяного контакта неправильно. Далее М. Д. Миллионщиков рассматривает вопрос о форме контактной поверхности в установившемся движении нефти, под которой находится вода. Здесь мне представляется весьма интересной замена задачи о несовершенной скважине в пласте конечной толщины задачей притока жидкости к кольцевой щели в цилиндрической непроницаемой трубе: это и ближе к действительности, и дает лучшую форму решения, чем в задаче Маскета о точечном стоке в области между двумя параллельными плоскостями. Можно было бы обобщить эту задачу М. Д. Миллионщикова, рассматривая несколько кольцевых щелей, что соответствует до некоторой степени перфорированной трубе.

Полученное автором уравнение для формы водонефтяного контакта позволило построить график вертикального сечения.

Рассматривая теорию химического тампонажа, автор дает удачное приближенное решение задачи об обтекании эллипсоида при наличии стока в безграничном пространстве. Здесь можно отметить, что наличие эллипсоида должно изменить форму кровли пласта, которая уже не будет горизонтальной плоскостью и из формулы автора не ясно, какой вид она будет иметь.

Исследуя неустановившееся движение при наличии подошвенной воды, автор после предварительного обоснования своего допущения пренебрегает различием свойствах нефти и воды, движущейся в области, перед тем заполненной нефтью, и решает задачу о перемещении жидкой поверхности (в начальный момент являющейся горизонтальной плоскостью) при наличии стока в безграничном пространстве. Это дает ему возможность получения простой формулы для момента прорыва воды в скважину (для очень большой мощности пласта), а также формулы для вычисления отношения количества нефти, отбираемой из скважины, к ее общему дебиту. Далее автор дает приближенную оценку влияния различия вязкостей на закон падения коэффициента нефтесодержания. Результаты автора сравниваются с материалами Сызранского нефтепромысла, обнаруживается хорошее совпадение, что дает подтверждение приближенной теории автора.

Очень интересным является предложение автора об эксплуатации скважины без конуса подошвенной воды путем одновременного отбора жидкости из нефтеносной и водоносной частей пласта. Автор смело заменяет действительную скважину двумя стоками и получает очень простую формулу для отношения дебитов, при котором точка нулевой скорости получается на поверхности водонефтяного контакта. Далее задача несколько уточняется путем учета различия в вязкостях воды и нефти и учета кровли и подошвы пласта. С математической точки зрения представляют интерес некоторые результаты автора (неразборчиво. – *И. К., М. Л.*) при проницаемых кровле и подошве пласта: полученные автором ряды сходятся для проницаемой кровли и расходятся для непроницаемой. Считая кровлю и подошву пласта проницаемыми, автор находит уравнение контактной поверхности.

Следующий вопрос, который подробно исследован М. Д. Миллионщиковым, это вопрос о движении нефти вблизи газовой шапки. Здесь автор пользуется уравнениями Дюпюи, применяемыми в теории колодцев. В случае неустановившегося движения он заменяет нелинейную задачу двумя линейными, между решениями которых должно заключаться решение действительной задачи. Для отыскания решения получающихся таким образом уравнений теплопроводности автор пользуется операционным исчислением и получает различные формулы зависимости дебитов от времени. Здесь, как впрочем и во многих других местах, автор обнаруживает свое умение пользоваться современным математическим аппаратом.

В последнем параграфе главы о движении подгазовой нефти, относящейся к вопросу о периодической эксплуатации скважин, автор дает, хотя и спорную, оригинальную постановку этой задаче: он берет частное решение уравнения теплопроводности, дающее вогнутую форму поверхности контакта нефти и газа, [и] ищет дальнейшее изменение этой поверхности, возвращающейся после открытия скважины к горизонтальной поверхности. Это дает ему возможности оценить отношение периода восстановления поверхности контакта и промежутки предшествующей работы скважины.

Предпоследняя глава посвящена вопросу о движении газированной нефти в пористой (среде – добавлено мной). Здесь автора интересует область значений относительной насыщенности, близких к единице. Для установившегося движения М. Д. Миллионщиков показывает, что если скорость фильтрации свободного газа равна нулю, то нулю должна равняться и скорость фильтрации жидкости, и, следовательно, если существует движение жидкости, то оно должно быть неустановившемся. По поводу неустановившегося движения газированной нефти автор показывает, что при насыщенности, близкой к единице, и высоком противодавлении система сложных нелинейных уравнений может быть заменена уравнением теплопроводности. Этот результат представляет несомненный и желательный, чтобы автор сделал из него дальнейшие выводы, применив свое уравнение к расчету конкретных случаев.

В последней главе, трактующей вопрос о движении газа в пористой среде, автор приводит задачу, в случае высокого противодавления на скважине по сравнению с пластовым давлением, к двум уравнениям теплопроводности, которые и применяет к решению вопроса о времени истощения залежи. Он сравнивает свои расчеты с данными эксперимента о распределении давления вдоль трубы при неустановившемся давлении (фиг. 17). Здесь остается

неясным, как автор производил сравнение, т.к. его формулы относятся к радиальному течению.

Во всех этих исследованиях автором проявлено большое искусство в постановке решаемых им задач и в применении соответствующего математического аппарата. Глава первая носит особый характер, в ней излагаются общие положения о модели нефтяного пласта и о законе сопротивления при движении жидкости в пористой среде. Здесь мне представляется очень важными и отражающими существо явления фильтрации введение автором линейного масштаба – внутреннего масштаба породы, иного, чем у других авторов, числа Рейнольдса; что приводит к замечательному результату, позволяет объединить большой экспериментальный материал, не укладывающийся раньше на одну линию.

Все изложенной свидетельствует о том, что работа М. Д. Миллионщикова вполне достаточна для представления автору степени доктора технических наук.

Доктор физ. мат. наук П. Кочина

Приложение 4

Отзыв о работе М. Д. Миллионщикова «Гидрохимический анализ некоторых способов в эксплуатации нефтяных скважин»³⁰

Работа содержит рассмотрение целого цикла задач нефтяной механики. В первой главе автор рассматривает вопрос о получении универсального закона сопротивления для фильтрации в пористых породах. Он показывает, что если определить число Рейнольдса, взяв за линейный размер $l = \frac{\sqrt{k}}{m}$, где k – коэффициент Дарси и m [–] пористость среды, то результаты экспериментов по определению коэффициента сопротивления хорошо ложатся на одну единственную кривую вплоть до некоторого «критического» числа Рейнольдса. Этот результат имеет важное значение для обработки результатов экспериментов.

Во второй главе, являющейся центральной частью работы, автор рассматривает вопрос об эксплуатации скважин при наличии подошвенной воды. Первый вопрос, который он рассматривает, – это вопрос о возможности отбора нефти, исключаящего немедленное образование конуса воды. Автор опирается при этом на постулат о возможности такого течения нефти, при котором вода находится в равновесии, а на поверхности раздела воды и нефти образуется поверхность скольжения. Автор дает оценку перепада давления, при котором уровень воды достигал бы отверстия отбора, и приходит к заключению, что это осуществляется при весьма низких значениях отбора нефти.

Затем автор рассматривает задачу о форме контактной поверхности, опираясь на предположении о неподвижности воды и малости отклонения поверхности раздела от горизонтальной плоскости, пользуясь допущениями, обычно применяемыми в теории воды. Автор строит решение для простейшего случая наличия простого стока у поверхности нефтяного пласта. Автор

³⁰ Там же. Л. 9–9об.

строит решение в виде ряда, довольно плохо сходящегося, и опять получает результат о чрезвычайной малости допустимого дебита нефти. Затем автор дает оценку влияния химического тампонажа и приходит к выводу о его малой эффективности. Затем автор рассматривает задачу движения нефти и воды, считая в первом приближении вязкость воды и нефти совпадающей. При этом оказывается возможным рассматривать движение одной жидкости. Задача сводится к исследованию влияния источника на движение грунтовой воды в полупространстве. Автор строит последовательное положение жидких линий в различные моменты времени и исследует процесс обводнения скважин, устанавливая важную зависимость – продолжительность эксплуатации до прорыва пропорционально кубу толщины нефтяного слоя и обратно пропорционально дебиту. Далее автор дает оценку влияния разности вязкости нефти и воды на рассматриваемый процесс и приходит к заключению, что оно не велико.

Автор вносит предложение об одновременном отборе нефти и воды при соотношениях в расходах, обеспечивающих отсутствие конуса воды, и дает расчет дебита воды и нефти в зависимости от толщин слоя воды и нефти, обеспечивающий этот способ эксплуатации.

В третьей главе работы автор рассматривает установившееся движение нефти при наличии газовой шапки и показывает, что эту задачу при установившемся течении можно свести плоской задаче о колодце. Этот результат является одним из наиболее интересных результатов, полученных автором. В случае неустановившегося движения автор заменяет уравнения линейными и сводит задачу к уравнению теплопроводности. Автор приходит к заключению об очень быстром уменьшении дебита подгазовой нефти с течением времени.

В главе четвертой автор рассматривает задачу о неустановившемся движении газированной нефти в случае небольшого перепада давления на забое. В этом случае задача сводится им к линейной. В последней главе автором решается аналогичная задача для движения газа.

Основной ценностью работы автора является освещение очень большого числа животрепещущих вопросов нефтяной механики. Автор решает эти вопросы, исходя из простейших схем движения, опираясь на интуицию при выборе этих схем. Свои результаты он сопровождает численным анализом и приходит к ценным указаниям, освещающим вопросы эксплуатации нефтяных месторождений.

Как основной недостаток работы надо отметить, что автор недостаточно внимание уделял методам построения даже тех простейших решений, которые использовал, получив их в недостаточно эффективном виде, и мало заботился об оценке допущений (имеющихся в большом числе в каждой задаче), интуитивно положенных им в основу решения.

В целом работа представляет собой ценный вклад в науку о движении нефти и открывает пути для дальнейших исследований, уточнений и обобщений. Считаю, что эта работа удовлетворяет требованиям к диссертации на степень доктора технических наук по разделу механики.

С. Христианович

Приложение 5

Отзыв о работах М. Д. Миллионщикова³¹

Кандидат технических наук М. Д. Миллионщиков получил солидное инженерное образование в Грозненском нефтяном институте, где окончил курс в 1932 г. со званием инженера. Вследствие обнаружившейся склонности к аэромеханике он прошел аспирантуру в МАИ и работал под руководством академика А. Н. Колмогорова по теории турбулентности. Кандидатская диссертация «Вырождение изотропной турбулентности», напечатанная в 1939 г., содержит ряд интересных результатов. После того он опубликовал ряд работ по вопросу о влиянии инерционных членов на вырождение турбулентности. Помимо преподавания в МАИ и работы в Аэродинамической лаборатории в качестве старшего инженера М. Д. Миллионщиков работал в Академии наук СССР в Институте теоретической геофизики. Здесь он занимался атмосферной турбулентностью и получил интересные результаты. Всего по вопросам турбулентности он напечатал в «Докладах А» 5 работ и одну в «Известиях» по геофизике и географии.

Две работы раннего периода относятся к нефтяному делу и изданы в «Азербайджанском нефтяном хозяйстве». Они относятся к существенным вопросам нефтепромыслового дела и содержат новые результаты. В предыдущем году М. Д. Миллионщиков снова вернулся к проблемам нефтепромыслового дела и написал большую работу «Гидромеханический анализ некоторых способов эксплуатации нефтяных скважин». В этой работе он вводит новое понятие о линейном масштабе пористой среды, исследует эксплуатацию скважин, содержащих подошвенную воду, изучает эксплуатацию скважин при наличии газа в верхней части пласта и исследует движение газированной жидкости в пористой среде при высокой насыщенности, что соответствует эксплуатационной практике.

Эти работы характеризуют М. Д. Миллионщикова как незаурядного научно-технического работника, обещающего интересные работы в будущем.

Академик Л. С. Лейбензон
2/V-1945

Приложение 6

Протокол № 4 заседания ученого совета Института механики АН СССР 3 мая 1945 года³²

Заседание ученого совета проводилось в помещении Института механики АН СССР (Москва, М. Харитоньевский, д. 4, комн. 58).

Присутствовали следующие члены совета:

акад[емик] Поздюнин В. Л., акад[емик] Христианович С. А., акад[емик] Юрьев Б. Н., чл[ен]-корр[еспондент] Великанов М. А., чл[ен]-корр[еспондент] Голубев В. В., чл[ен]-корр[еспондент] Ильюшин А. А., чл[ен]-корр[еспондент] Четаев Н. Г., чл[ен]-корр[еспондент] Кибель И. А., чл[ен]-корр[еспондент] Некрасов А. И., д[окто]ра наук: Кочина П. Я., Рабинович И. М., Соколовский В. В., Чарный И. А., Булгаков Б. В., ученый секретарь Калинин С. В.

³¹ Там же. Л. 10–10 об.

³² Там же. Л. 59–60.

Присутствовали: проф[ессор] Шерман Д. И., проф[ессор] Власов В. З., проф[ессор] Рахматулин Х. А., проф[ессор] Ишлинский А. Ю. и др., всего 62 чел.

Председатель – чл[ен]-корр[еспондент] АН СССР Н. Г. Четаев, уч[еный] секретарь – кандидат физ[ико]-мат[ематических] наук С. В. Калинин.

Повестка дня:

Защита диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук кандидатом технических наук Миллионщиковым М. Д. на тему: «Гидромеханический анализ некоторых способов эксплуатации нефтяных скважин».

Официальные оппоненты: акад[емик] С. А. Христианович, доктор физ[ико]-мат[ематических] наук П. Я. Кочина, д[окто]р технич[еских] наук В. Н. Щелкачев.

Состав счетной комиссии: акад[емик] В. Л. Поздюнин, д[окто]р наук В. В. Соколовский, ученый секретарь – С. В. Калинин.

В начале заседания ученого совета ученый секретарь канд[идат] ф[изи]ко-м[атематических] наук С. В. Калинин ссылается на приказ Всесоюзного комитета по делам высшей школы при СНК СССР от 12 сентября 1942 г. № 222, предоставляющий право Институту механики Академии наук СССР присуждать ученую степень кандидата наук и представлять к присуждению ученой степени доктора наук по техническим и физико-математическим наукам, и сообщает, что ввиду болезни акад[емика] Б. Г. Галеркина проведение заседания ученого совета возложено на заместителя директора члена-корр[еспондента] Н. Г. Четаева; на заседании не могут быть по болезни акад[емик] Б. Г. Галеркин, акад[емик] Л. С. Лейбензон, акад[емик] А. Н. Крылов, проф[ессор]-доктор Л. Г. Лойцянский, проф[ессор]-доктор И. П. Прокофьев. На заседании из 21 члена ученого совета присутствуют 15 человек: кворум имеется.

Далее ученый секретарь оглашает анкету, основные биографические данные и другие документы диссертанта согласно инструкции ВАК ВКВШ.

Слушали: Публичную защиту диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук Миллионщикова М. Д. на тему: «Гидромеханический анализ некоторых способов эксплуатации нефтяных скважин».

Оппоненты: акад[емик] С. А. Христианович,
доктор физ[ико]-матем[атических] наук П. Я. Кочина,
доктор технических наук В. Н. Щелкачев.

(Стенограмма заседания Ученого совета и отзывы оппонентов прилагаются.)

Счетная комиссия проводит тайное голосование.

Председатель счетной комиссии акад[емик] В. Л. Поздюнин оглашает протокол счетной комиссии и результаты голосования: из числа поданных 14 бюллетеней за присвоение докторанту Института механики АН СССР М. Д. Миллионщикову ученой степени доктора технических наук подано 13 голосов при одном воздержавшемся.

Постановили: На основании проведенной защиты и тайного голосования присудить докторанту Института механики АН СССР М. Д. Миллионщикову ученую степень доктора технических наук.

Данное постановление представить на утверждение в ВАК при ВКВШ.

Председатель
член-корреспондент АН СССР]
Ученый секретарь

Н. Г. Четаев
С. В. Калинин

References

- Kerimov, I. A. and Lebedev, M. A. (2010) Nauchnoe nasledie akademikov A. A. Dorodnitsyna i M. D. Millionshchikova – vypusnikov Groznenskogo neftianogo instituta [The Scientific Legacy of Academicians A. A. Dorodnitsyn and M. D. Millionshchikov, the alumni of Grozny Oil Institute], in: *Mezhregional'nyi Paguoshskii simpozium "Nauka i vysshiaia shkola Chechenskoï Respubliki: perspektivy razvitiia mezhregional'nogo i mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo sotrudnichestva". Tezisy dokladov [Inter-Regional Pugwash Symposium "Science and Tertiary School in the Chechen Republic: Prospects of the Development of Inter-Regional and International Scientific and Technological Collaboration. Abstracts]*. Grozny: Akademiia nauk Chechenskoï Respubliki, pp. 38–47.
- Kerimov, I. A. and Lebedev, M. A. (2013) Pamiati akademika M. D. Millionshchikova: k 100-letiiu so dnia rozhdeniia vydaiushchegosia uchenogo, gosudarstvennogo i obshchestvennogo deiatelia [In Memoriam of Academician M. D. Millionshchikov. Towards the Centennial of Birth of an Outstanding Scholar and State and Public Figure], *Vestnik Akademii nauk Chechenskoï Respubliki*, no. 1 (18), pp. 211–218.
- Kerimov, I. A., Aliev, A. Sh., Zakhiraeva, Z. A., Machukaeva, L. Sh. et al. (2005) *Groznenskii gosudarstvennyi neftianoi institut imeni akad. M. D. Millionshchikova. 1920–2005 gg. [M. D. Millionshchikov Grozny State Oil Institute. 1920–2005]*. Grozny: GGNI.
- Lebedev, M. A. (comp.) (2014) Mikhail Dmitrievich Millionshchikov (1913–1973). 2-e izd. [Mikhail Dmitrievich Millionshchikov (1913–1973). 2nd ed. Moskva: Nauka.
- Millionshchikov, M. D. (1934) K teorii drillometra [Towards the Theory of Weight Indicator], *Azerbaidzhanskoe neftianoe khozjaistvo*, no. 6, pp. 38–40.
- Millionshchikov, M. D. (1934) O vybore griazevogo nasosa dlia bureniia [Selection of Mud Pump for Drilling], *Groznenskii neftianik*, no. 5, pp. 35–41.
- Millionshchikov, M. D. (1945) Issledovanie ekspluatatsii skvazhin vblizi gazovoi shapki [Study on Well Operation near a Gas Cap], in: *Trudy Moskovskogo neftianogo instituta im. I. M. Gubkina [Transactions of I. M. Gubkin Moscow Oil Institute]*. Moskva and Leningrad, no. 3 (Annotatsii nauchno-issledovatel'skikh rabot za period 1938–1944 gg. [Abstracts of Research Papers for the Period of 1938–1944]).
- Millionshchikov, M. D. (1948) Obvodnenie skvazhin podoshvennoi vodoi [Well Flooding by Bottom Water], *Inzhenernyi sbornik*, vol. 5, no. 1, pp. 182–188.
- Millionshchikov, M. D. (1949) Dvizhenie gazirovannoi nefti v poristoi srede [The Flow of Gassed Oil through Porous Media], *Inzhenernyi sbornik*, vol. 6, no. 2, pp. 190–193.
- Millionshchikov, M. D. (1950) Gidromekhanicheskii analiz "khimicheskogo tamponazha" skvazhin [Hydromechanical Analysis of "Chemical Plugging" of the Wells], *Inzhenernyi sbornik*, vol. 7, no. 1, pp. 49–54.
- Millionshchikov, M. D. and Kazarnovskaia, B. E. (1947) Razmeshchenie skvazhin (skhemy i debity) pri nachal'nom gorizonta'l'nom razdele voda – neft' [Placement of Wells (Charts and Debits) in Case of Horizontal Oil-Water Interface], *Trudy Moskovskogo neftianogo instituta im. I. M. Gubkina*, no. 6 (Annotatsii nauchno-issledovatel'skikh rabot za 1945 g. [Abstracts of 1945 Research Papers]).
- Ponomarev-Stepnoi, N. N., Kerimov, I. A., and Lebedev, M. A. (2013) Predannost' nauke i chelovechestvu. K 100-letiiu so dnia rozhdeniia akademika M. D. Millionshchikova [Devotion to Science and Humankind. Towards the Centenary of Birth of Academician M. D. Millionshchikov], *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk*, vol. 83, no. 1, pp. 72–79.
- Shchelkachev, V. N. (2013) Vospominaniia o talantlivom studente M. D. Millionshchikove [The Reminiscences about a Gifted Student M. D. Millionshchikov], *Neftianoe khozjaistvo*, no. 1, pp. 114–115.
- Turbulentnost' i volnovye protsessy: mezhdunarodnaia nauchnaia konferentsiia, posviashchennaia 100-letiiu so dnia rozhdeniia akad. M. D. Millionshchikova, (Moskva, 26–28 noiabria 2013 g.): sbornik tezisev [Turbulence and Wave Processes: International Scientific Conference Devoted to the Centenary of Birth of Academician M. D. Millionshchikov]* (2013). Moskva: INTUIT.RU.
- Voinova, S. E. and Kukharkin, N. E. (eds.) (2014) *Mikhail Dmitrievich Millionshchikov: K 100-letiiu so dnia rozhdeniia [Mikhail Dmitrievich Millionshchikov: Towards the Centenary of Birth]*. Moskva: NITs "Kurchatovskii institut".