

КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И. АРАБАЕВА

КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И. РАЗЗАКОВА

ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ Д 05.18.584

На правах рукописи

УДК 681.5

БИЙБОСУНОВ БОЛОТБЕК ИЛЬЯСОВИЧ

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ
В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ**

05.13.16 – Применение вычислительной техники,
математического моделирования и математических методов
в научных исследованиях (по отраслям науки)

**Диссертация в виде научного доклада
на соискание ученой степени доктора технических наук**

Бишкек – 2021

Работа выполнена на кафедре «Прикладная информатика» факультета физико-математического образования и информационных технологий Кыргызского государственного университета им. И. Арабаева.

Официальные оппоненты: Шумилов Борис Михайлович, доктор технических наук, профессор Томского государственного архитектурно-строительного университета, РФ, Томск

Зрюмов Евгений Александрович, доктор технических наук, профессор, министр цифрового развития и связи Алтайского края Российской Федерации, Барнаул

Скляр Сергей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор Американского университета в Центральной Азии, Бишкек

Ведущая организация: Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, кафедра «Прикладная информатика и программирование», РК, г. Тараз, ул. Толеби, 60.

Защита состоится «28» января 2021 года в 15⁰⁰ часов на заседании Диссертационного совета Д 05.18.584 в Кыргызском государственном университете им. И. Арабаева по адресу: 720026, г. Бишкек, ул. И. Раззакова 51, конференц-зал научной библиотеки.

Код вебинара: <https://vc.vak.kg/b/05--wx6-gfx-qyw>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Кыргызского государственного университета им. И. Арабаева по адресу: г. Бишкек, ул. И. Раззакова 51 и Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова по адресу: г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66 и на сайте ВАК КР: <https://vak.kg>

Автореферат разослан «25» декабря 2020 года.

Ученый секретарь
Диссертационного совета Д 05.18.584
кандидат технических наук, доцент

А. К. Кармышаков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Настоящий доклад по научным трудам включает постановку и решение целого ряда крупных научных задач на основе теории математического моделирования, применения вычислительной техники, на основе проектирования и разработки новых информационных технологий и систем, которые являются актуальными и важными как с научно-теоретической, так и практической точки зрения.

1. Математическое моделирование процессов тепло- и массопереноса в нефтяных пластах при термическом воздействии на них и при вытеснении высоковязкой нефти горячей водой и паром являются актуальными и важными научно-практическими задачами, имеющими большое народнохозяйственное значение. Проблема повышения нефтеотдачи для месторождений высоковязкой нефти представляется разрешимой с использованием тепловых методов воздействия на пласт. При термическом методе воздействия на нефтяные пласты создаются более благоприятные условия для вытеснения нефти: пластовая нефть расширяется, уменьшаются вязкости нефти и воды в пласте, снижается масса выпадов парафино-асфальтовых и смолистых веществ, введение в пласт тепла способствует как повышению коэффициента нефтеотдачи, так и более полному вытеснению нефти.

2. Проблема опасных и катастрофических природных явлений на горной территории Кыргызстана возможно одна из самых сложных в науках о Земле. Причина этого кроется в относительной редкости их возникновения на каждом отдельно взятом объекте, а также в отсутствии организованной системы наблюдений на таких объектах. Другая причина связана с необходимостью при изучении этих явлений использовать методологии и подходы целой серии наук или их специфических разделов: гидрологии, физической (инженерной) геологии, механики сплошной среды, гидромеханики, механики гранулированной среды, механики грунтов, реологии (науки о течении веществ и материалов), метеорологии и климатологии, теории математических моделей, математической статистики, вычислительной математики, географии и др.

Выход из положения существует путем построения моделей, которые пусть будут крайне упрощенными, но отражающими основную сущность исследуемых явлений, и пригодными для практического использования.

Итак, при исследовании экзогенных геологических процессов (ЭГП), основными видами которых являются оползни и сели, одним из основных научно-практических направлений является построение математических моделей и разработка аналитических, приближенно-аналитических и численных методов решения.

3. В настоящее время бурно развивается применение новых информационных технологий, а именно технологии машинного обучения для задач прикладного характера. Особенно ярко выражено применение данных технологий в различных задачах экономики, сельского хозяйства и промышленности.

Как известно, сельское хозяйство относится к наиболее важной отрасли экономики нашей страны. Поэтому разработка математических моделей и информационных технологий и систем на базе нейронных сетей и машинного обучения для задач агропромышленного комплекса (АПК) являются актуальными и важными, и имеют большое научное и практическое значение.

4. Разработка автоматизированных информационных систем, новых информационных технологий, переход от бумажных технологий на цифровые, формирование и развитие открытых образовательных ресурсов, предоставление новых информационных услуг в образовательной сфере, переход к электронному образованию является важной и актуальной научно-практической проблемой в нашей стране. Современная организация и концепция информатизации образовательной сферы должна обеспечивать эффективное управление информационными потоками и информационными процессами. В современных условиях эффективное управление и образовательные процессы, в свою очередь, базируются на широком применении компьютерной техники, информационных систем и информационных технологий.

5. В современном мире наряду с понятиями политического суверенитета, военного, экономического суверенитета появилось и приобретает первостепенное значение понятие информационного или цифрового суверенитета.

Цифровой суверенитет включает в себя следующее:

- самостоятельно и независимо определять внутренние и геополитические национальные интересы в цифровой сфере;
- вести самостоятельную внутреннюю и внешнюю информационную политику;
- распоряжаться собственными информационными ресурсами, формировать инфраструктуру национального информационного пространства;
- гарантировать электронную и информационную безопасность государства.

Для достижения цифрового суверенитета необходимо создание и развитие национальных информационных ресурсов, технологий и независимой страновой сети. Создание национальной информационной сети позволит обеспечить потребности нашей страны в информационных услугах, а также будет одним из компонентов информационного общества и цифровой экономики.

Таким образом, страновая информационная сеть, которая базируется на национальных платформах, программных продуктах и телекоммуникациях, будет альтернативой для существующих глобальных информационных сетей, находящихся вне национальной юрисдикции.

Связь темы исследований с приоритетными научными направлениями, основными научно-исследовательскими работами.

Научно-исследовательская работа выполнена в соответствии с планом работ кафедры «Прикладная информатика» КГУ им. И. Арабаева. Основные результаты получены в ходе выполнения Государственных программ, включенных в приоритетные научные направления и финансируемых Министерством образования и науки КР:

- НИР на тему «Разработка информационного «Единого окна» для управления системой научно-технической и экономической информации, научно-техническим комплексом и инновационной деятельностью» (МОН КР, номер государственной регистрации № 0007121, 2010-2012 гг.);
- НИР на тему «Эконометрическое исследование и прогнозирование региональных экономик Кыргызстана» (МОН КР, номер государственной регистрации № 0007198, 2012-2014 гг.);
- НИР на тему «Гидродинамическое и компьютерное моделирование техногенных катастроф на территории КР (прорывы плотин и водохранилищ)» (МОН КР, номер государственной регистрации № 0007226, 2016-2017 гг.);
- НИР на тему «Моделирование цифровой платформы и формирование информационной среды для образовательной системы КР» (МОН КР, номер государственной регистрации № 0007566, 2019 г.);
- НИР на тему «Математические и технологические основы системы распознавания голосовых сообщений для синхронного перевода и разработка поисковой контекстной системы в метаданных для кыргызского языка» (МОН КР, номер государственной регистрации № 0007567, 2019 г.).

Цели и задачи исследования:

- разработка новых математических моделей и численных алгоритмов для задач вытеснения высоковязкой нефти при термическом воздействии на нефтеносные пласты;
- развитие методов математического моделирования гидродинамических процессов в оползневых и селеопасных склонах, аналитические и численные расчеты селевых потоков и оползневых течений, распространенных на территории Кыргызстана;
- проектирование и создание информационных технологий и систем для растениеводства и животноводства в аграрном секторе на базе новых технологий глубокого машинного обучения;
- разработка информационных технологий для задач цифровизации в системе высшего образования и межвузовского информационного обмена;
- проектирование и создание аппаратно-программной цифровой платформы и страновой информационной системы для государственных учреждений, общественных организаций и гражданского общества.

Научная новизна. Разработаны научно-методологические основы математического моделирования процессов тепло- и массопереноса в нефтеносных пластах при термическом воздействии для повышения нефтеотдачи высоковязкой нефти:

- предложены численные модели в плоскопараллельной постановке задачи вытеснения нефти горячей водой и паром в однородном и неоднородном нефтеносном пласте;
- разработаны численные модели в радиальной постановке задачи вытеснения высоковязкой нефти при термическом воздействии.

Предложена гидродинамическая классификация основных оползнеобразующих и селеобразующих факторов, разработан гидродинамический подход

к исследованию оползневых и селевых процессов, распространенных на территории Кыргызстана:

- математические модели, аналитические и численные методы для фильтрационных и инфильтрационных течений в горных склонах в одномерной, двухмерной и трехмерной постановке;
- численное моделирование на основе теории мелкой воды селевых потоков и оползневых течений, как основных типов опасных и катастрофических природных явлений.

Предложены новые технологии машинного обучения и математические модели для анализа и прогноза в растениеводстве и животноводстве, как основных сельскохозяйственных отраслей.

Впервые разработана цифровая аппаратно-программная платформа для информатизации и цифровизации государственных организаций и учреждений, общественных объединений и организаций, и гражданского общества на основе новых облачных технологий.

Практическая значимость полученных результатов. Все основные научно-исследовательские работы соискателя имеют прикладной характер и основные научные результаты имеют значительную внедренческую ценность и нашли свое практическое применение.

Личный вклад соискателя: все основные положения, концепции, теории, цели и задачи, научно-практические результаты получены соискателем.

Основные положения, выносимые на защиту:

- научно-методологические основы математического моделирования процессов тепло- и массопереноса в нефтеносных пластах при термическом воздействии для повышения нефтеотдачи высоковязкой нефти;
- численные модели и алгоритмы для профильной задачи вытеснения нефти горячей водой и паром в нефтеносном пласте;
- численные модели и алгоритмы для задачи вытеснения высоковязкой нефти при термическом воздействии в круговом нефтеносном пласте.
- методы математического моделирования гидродинамических процессов в оползневых и селевых склонах, аналитические и численные методы расчета фильтрационных и инфильтрационных течений в горных склонах;
- математические модели и численные методики расчета селевых потоков и оползневых течений, как основных типов опасных и катастрофических природных явлений, распространенных на территории Кыргызстана;
- новые технологии машинного обучения и математические модели для задач анализа и прогноза в растениеводстве и животноводстве, как основных сельскохозяйственных отраслей.
- новая цифровая аппаратно-программная платформа для информатизации и цифровизации государственных организаций и учреждений, общественных объединений и организаций, и гражданского общества на основе новых облачных технологий.

Апробация работы. Основные результаты докладывались и обсуждались на более чем 50 международных, всесоюзных, республиканских конференциях, семинарах, совещаниях, приведем следующие конференции после защиты соискателем докторской диссертации в 1998 году:

- Международная научно-практическая конференция «Проблемы вычислительной математики и информационных технологий» - Алматы, 1999 г.
- II Казахстанско-Российская научно-практическая конференция “Математическое моделирование научно-технологических и экологических проблем в нефтегазодобывающей промышленности” – Алматы, 1999 г.
- Международная научная конференция “Технологии и перспективы современного инженерного образования, науки и производства”, посвященная 45-летию ФПИ – КТУ им. И. Раззакова – Бишкек, 1999 г.
- IV Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава и студентов КГУСТА – Бишкек, 2000 г.
- Международная конференция, посвященная 50-летию КПУ им. Арабаева – Бишкек, 2002 г.
- Международная научная конференция, посвященная 70-летию чл.-корр. НАН КР, д.ф.-м.н., проф., засл. деят. науки КР Бийбосунова И.Б. – Бишкек, 2002 г.
- Международный семинар «Наука и технологии 21-го века» - Сеул, 2003 г.
- V Международная конференция «Информация, анализ, прогноз - стратегические рычаги эффективного государственного управления» - Киев, 2006 г.
- Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в образовании и подготовке кадров по естественно - техническим наукам» - ТарГУ им. Дулати, Тараз, 2007 г.
- Международная конференция «Современные вопросы компьютерной безопасности» - ОБСЕ, Вена, Австрия, 2007 г.
- III Международный научно-практический форум «Инновационные подходы в государственном управлении» - Бишкек, АГУПКР, 2009 г.
- IV Международная научная конференция «Актуальные проблемы механики и машиностроения», посвященная 80-летию КазНТУ им. Сатпаева - Алматы, 2014 г.
- Международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию КГЖПУ - Алматы, 2014 г.
- Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию проф. Джаманкулова К. Дж. – КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, 2015 г.
- 1-й Международный конгресс тюркоязычных стран по инженерным наукам – Анталия, Турция, 2017 г.
- European Conference on Information and Communication Technology (ECICT 2019) - Amsterdam, 2019.

Полнота публикации результатов. Результаты исследований опубликованы в более чем 100 научных работах, основная часть научных работ приведена в списке литературы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В настоящем докладе по научным трудам представлены результаты научно-исследовательской работы по нескольким научным направлениям: математическое моделирование, аналитические, приближенно-аналитические и численные методы в прикладных задачах гидродинамики; проектирование и разработка информационных технологий и систем, облачных технологий для задач цифровизации в государственном секторе; применительно к агропромышленному комплексу (АПК) и сельскому хозяйству, как ведущей отрасли экономики, разрабатываются математические модели, информационные технологии, нейронные сети и элементы искусственного интеллекта.

I. Математическое моделирование гидродинамических процессов в нефтеносных пластах.

Теоретические исследования процессов тепломассопереноса в пористых средах стимулировались как запросами инженерной практики, так и математической содержательностью проблемы. Технические причины, вызвавшие интерес к данному вопросу, основаны на доказанном экспериментально и, следующем из теории двухфазного потока факте снижения конечной нефтеотдачи при снижении отношения вязкости воды, вымывающей нефть, к вязкости нефти. Поскольку при повышении температуры вязкость нефти уменьшается быстрее, чем вязкость воды, предполагается, что нагнетание в пласт горячей воды приведет к повышению конечной нефтеотдачи.

При воздействии на нефтяные пласты горячей водой, нагретыми газами и водяным паром создаются соответствующие условия для фазовых изменений, а также их некоторых физических и физико-химических свойств.

При этом в нефтяном пласте формируется многофазный многокомпонентный поток жидкостей и газов с различной температурой.

В настоящее время еще не разработана общая теория процессов в пористой среде при термическом воздействии на пласт. Отсутствие такой теории объясняется многими причинами, одной из которых является недостаточная изученность механизма фильтрации, отсутствие адекватной математической модели и эффективных математических методов решения, в том числе численных методов.

Вместе с тем, в последние годы появился ряд научных работ, в которых развивается теория фильтрации многокомпонентных систем как в изотермическом, так и неізотермическом режимах фильтрации.

Результаты этих работ позволяют сформулировать основные дифференциальные уравнения неізотермической фильтрации при термическом воздействии на нефтяные пласты. Приведем следующие результаты по математическому моделированию и численному решению задач вытеснения высоковязкой нефти горячей водой и паром.

Математическая модель вытеснения нефти водяным паром.

Нагнетаемый водяной пар, продвигаясь в нефтеносном пласте, конденсируется, а освобождаемое при конденсации тепло расходуется на испарение нефти и воды в зоне пара. При этом тепло в зоне пара не расходуется на нагревание скелета пласта, так как он в зоне пара уже нагрет до температуры нагнетаемого пара. Испарившаяся нефть переходит в условную зону горячей воды, где она конденсируется. Затем вода, переходя в холодную зону, охлаждается до начальной температуры пласта, а освободившееся при этом тепло расходуется на нагревание скелета до температуры нагнетаемого пара и на теплопотери в окружающие пласты породы.

Рассмотрим решение задачи неизотермического вытеснения нефти паром в рамках теории многофазной многокомпонентной фильтрации. В нефтяной пласт мощностью N , через прямоугольную галерею закачивается водяной пар с температурой T_0 и дебитом Q . В начальный момент процесса пласт и окружающие его породы имеют постоянную температуру T_0 и постоянное давление P_0 . На границе пласта (эксплуатационной галерее) поддерживается постоянное давление.

Примем, что теплопроводность пород, покрывающих и подстилающих пласт, в горизонтальном направлении пренебрежимо малой, а теплопроводность пласта в вертикальном направлении бесконечно большой.

Для описания процесса, происходящего в нефтяном пласте, предлагается следующая математическая модель:

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho_{1\beta} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho_{1\beta} u_1) = I_{1\beta}, \quad \beta = 1, 2. \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho_\alpha + \frac{\partial}{\partial x} (\rho_\alpha u_\alpha) = I_\alpha, \quad \alpha = \overline{1, 3}. \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho c T) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (\rho c u T) - q, \quad (x \leq L, t > 0) \quad (3)$$

$$\rho_{n_i} c_{n_i} \frac{\partial T^{(i)}}{\partial t} = \lambda_{n_i} \frac{\partial^2 T^{(i)}}{\partial z^2}, \quad i = 1, 2 \quad (4)$$

$$i = 1, \quad H^* \leq z \leq H_1^*, \quad t > 0,$$

$$i = 2, \quad 0 \leq z \leq H_2, \quad t > 0.$$

где $H_1^* = H^* + H_1$, $H^* = H + H_2^*$

Величина q в уравнении энергии (3) представляет собой потери тепла в кровлю и подошву пласта и вычисляется по следующим выражениям:

$$q = - \frac{\lambda_{n_1}^*}{H} \frac{\partial T^{(1)}}{\partial z} \Big|_{z=H^*} + \frac{\lambda_{n_2}^*}{H} \frac{\partial T^{(2)}}{\partial z} \Big|_{z=H_2^*} \quad (5)$$

Система (1) - (4) решается при следующих начальных и граничных условиях:

$$P(x,0) = P_0, \quad T(x,0) = T^{(i)} \quad (z, x, 0) = T_0$$

$$\rho_\alpha^0(x,0) = \rho_{\alpha_0}^0(x), \quad S_\alpha(x,0) = S_\alpha^0(x), \quad \alpha = \overline{1,3} \quad (6)$$

$$k_{1,\beta}(x,0) = k_{1\beta}^0(x), \quad \alpha = 1,2$$

$$P_\alpha(0,t) \mu_\alpha(0,t) = Q_\alpha, \quad S_\alpha(0,t) = \hat{S}_\alpha^{(i)}, \quad \alpha = \overline{1,3} \quad (7)$$

$$k_{1\beta}(0,t) = \hat{k}_{1\beta}, \quad \beta = 1,2$$

$$T(0,t) = T_c, \quad P(\angle, t) = P_0$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=\angle} = 0 \quad (8)$$

$$T^{(1)}(H^*, x, t) = T(x, t),$$

$$T^{(2)}(H_2^*, x, t) = T(x, t), \quad (9)$$

$$T^{(2)}(H_1^*, x, t) = T^{(2)}(0, x, t) = T_0$$

Уравнение состояния газовой фазы представим в виде:

$$\rho_1^0 = \rho_{10}^0 \left(\frac{M_g}{M_g^0} \right) \left(\frac{P}{P^0} \right) \left(\frac{T^0}{T} \right) \quad (10)$$

где ρ_{10}^0, P^0, T^0 – истинная плотность газа, давление и температура при нормальных условиях.

Уравнение давления примет вид:

$$\rho_1^0 \frac{\partial}{\partial x} \left[\left(\frac{f_2}{\mu_2} + \frac{f_3}{\mu_3} \right) \frac{\partial}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\left(\frac{\rho_1^0 f_1}{\mu_1} \right) \frac{\partial P}{\partial x} \right] = -m S_1 \frac{\partial \rho_1^0}{\partial t} + \rho_1^0 \sum_{i=1}^3 \frac{I_i}{\rho_i^0} \quad (11)$$

Истинные плотности воды и нефти, ввиду их незначительного изменения, можно считать постоянными.

Требуется определить поля скоростей одномерной неизотермической трехфазной фильтрации, значения давления насыщенности фаз и температуры. Здесь приняты обозначения: T - температура системы; t - время; \vec{V} - истинная скорость; \vec{U} - скорость фильтрации; x, y, z – декартовы координаты; Q - объемный расход; P - давление; H - мощность пласта; i - удельная энтальпия; I_e - поток энергии в системе; K - абсолютная проницаемость; L - длина; M - количество компонент в системе; m - пористость; C_{on} - удельная теплоемкость окружающих пласт пород; e - удельная энергия системы; f - относительная фазовая проницаемость; S_α - насыщенность парового пространства фазой α ; ρ - плотность; μ - динамическая вязкость; λ - коэффициент теплопроводности; η - коэффициент нефтеотдачи; ΔM - потоки масс; α - индекс фазы.

Для решения задачи (1) - (11) применяется известный численный метод крупных частиц (МКЧ). Сущность МКЧ, как известно, заключается в следующем: моделируемая среда заменяется системой частиц (жидких – крупных -

частиц), которые распределены в начальный момент времени по ячейкам эйлеровой сетки в декартовой системе координат в соответствии с начальными данными; эволюция такой системы во времени осуществляется путем следующего расщепления: сначала изучается изменение внутреннего состояния подсистем, находящихся в ячейках, в предположении их заторможенности или неподвижности, а затем рассматривается смещение всех частиц, пропорционально их скорости и времени, без изменения внутреннего состояния подсистем с последующим пересчетом расчетной сетки в исходном состоянии.

Для проверки нашей математической модели при принятых упрощающих допущениях, а также для оценки точности МЧК были проведены сопоставления теоретических расчетов с экспериментальными данными.

В частности, моделировался следующий эксперимент. В эксперименте в модель пласта, представляющую собой металлическую трубу длиной 1 м и диаметром 0,03, заполненную кварцевым песком и водой, нагнетался водяной пар с температурой 453⁰ К.

На рисунке 1 представлены результаты экспериментальных исследований, отражающие характер изменения теплового поля по длине физической модели при нагнетании пара. Пунктирной линией обозначены кривые, соответствующие определенным временам нагнетания пара. Сплошной линией обозначены кривые, соответствующие такому времени, после которого дальнейшее нагнетание пара, при тех же темпах ввода не приводит к увеличению прогрева пласта. Координаты при этом безразмерны.

На рисунке 2 представлены результаты численного расчета с помощью МЧК. Как видим, результаты расчета хорошо согласуются с экспериментальными данными. В обоих случаях распространение тепла носит фронтальный характер и четко выделяется зона 1-1, соответствующей температуре насыщенного пара. Как видим, кривизна экспериментальных кривых в зоне 2-2, соответствующая зоне горячей воды незначительно ниже. Различия в зоне 2-2 объясняется отсутствием полных данных об эксперименте.

Таким образом, предложенная моделирующая система вполне адекватна описываемому физическому процессу вытеснения нефти.

Математическая модель профильной задачи вытеснения нефти из однородного нефтяного пласта.

Исследуем процессы тепломассопереноса в горизонтальном нефтяном пласте при вертикальном вытеснении. Горизонтальной теплопроводностью в окружающих породах пренебрегаем. В реальных условиях нефтяной пласт вскрыт системой эксплуатационных и нагнетательных скважин, поэтому в нем происходит двумерная (в реальности - трехмерная) фильтрация жидкости. Характер фильтрации также зависит от геометрии размещения скважин, объема жидкости, закачиваемой в каждую скважину. Рассмотрим профильную задачу вытеснения нефти водяным паром из однородного нефтяного пласта мощностью H .

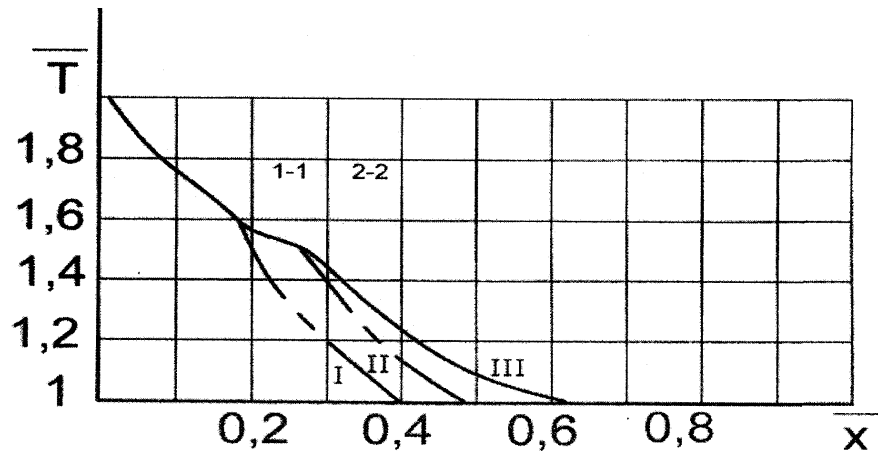


Рис. 1. Распределение температуры по длине модели пласта при вытеснении горячей водой (эксперимент)

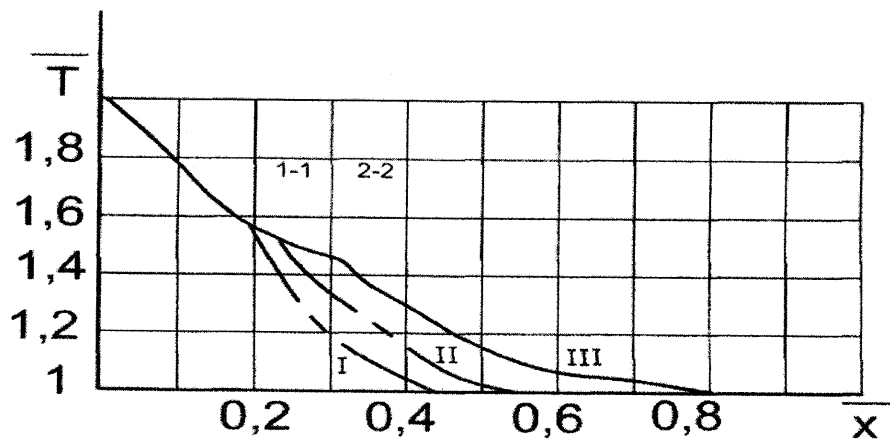


Рис. 2. Распределение температуры по длине модели пласта при вытеснении горячей водой (численный расчет) I-t=3; II-t=5; III-t=20 мин.

Пласт вскрыт нагревательной скважиной, через которую закачивается водяной пар с темпом нагнетания Q_1^* и температурой T_c . На эксплуатационной скважине поддерживается постоянное давление и отсутствует сток тепла. Абсолютная проницаемость и пористость пласта, соответственно равны k и m . Начальная водонасыщенность S_2^0 и нефтенасыщенность S_3^0 задаются. Начальная температура пласта и окружающих пород постоянна и равна T^0 .

С учетом вышеприведенных допущений система уравнений неизоотермической двумерной фильтрации на основе теории фильтрации многокомпонентных систем запишется в виде:

$$\frac{\partial \rho_{1\beta}}{\partial t} + \frac{\partial \rho_{1\beta} u_1}{\partial x} + \frac{\partial \rho_{1\beta} v}{\partial y} = I_{1\beta}, \quad \beta = 1, 2 \quad (12)$$

$$\frac{\partial \rho_\alpha}{\partial t} + \frac{\partial \rho_\alpha u_\alpha}{\partial x} + \frac{\partial \rho_\alpha g_\alpha}{\partial y} = I_\alpha, \quad \alpha = \overline{1, 3} \quad (13)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho c T) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho c u T) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho c g T) = \lambda \Delta T, \quad (14)$$

где $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$, $u_\alpha = -\frac{f_\alpha}{\mu_\alpha m S_\alpha} \cdot \frac{\partial P}{\partial x}$,

$$g_\alpha = -\frac{f_\alpha}{\mu_\alpha m S_\alpha} \cdot \frac{\partial P}{\partial y}$$

Добавляя следующее очевидное равенство

$$\sum_{\alpha=1}^3 S_\alpha = 1 \quad (15)$$

и уравнение для давления:

$$\rho_1^0 \left[\frac{\partial}{\partial x}(u_2 + u_3) + \frac{\partial}{\partial y}(g_2 + g_3) \right] + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_1 u_1) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho_1 g_1) = \rho_1^0 \sum_{\beta=1}^2 I_{1\beta} d_\beta - m S_1 \frac{\partial \rho_1^0}{\partial t}, \quad (16)$$

где $d_1 = \frac{1}{\rho_1^0} - \frac{1}{\rho_2^0}$, $d_2 = \frac{1}{\rho_1^0} - \frac{1}{\rho_3^0}$

Уравнение (14) описывает распределение температуры в пласте. Для окружающих пласт пород конвекция отсутствует, перенос тепла осуществляется только за счет теплопроводности и уравнение (14) примет вид:

$$\lambda_n \frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial y^2} = (\rho c)_n \frac{\partial \bar{T}}{\partial t} \quad (17)$$

Заметим, что:

$$\rho_\alpha = \sum_{\beta=1}^3 \rho_{\alpha\beta}, \quad \rho_{\alpha\beta} = \rho_\alpha^0 \kappa_{\alpha\beta} S_\alpha m, .,$$

где ρ_α^0 - плотность фазы α (истинная), $\kappa_{\alpha\beta}$ - массовая доля β -го компонента в фазе α , S_α - насыщенность парового пространства фазой α , m - пористость пласта, $\alpha = 1$ - газовая фаза, $\alpha = 2$ - фаза воды, $\alpha = 3$ - фаза нефти, $\beta = 1$ - водяной пар, $\beta = 2$ - газообразная нефть.

Теперь сформулируем граничные и начальные условия для уравнения (12) –(17). На нагнетательной скважине задается температура закачиваемого агента:

$$\begin{aligned} T(x, y, 0) = \bar{T}(x, 0) = \bar{T}(l_1, t) = \bar{T}(l_2, t) = T^0 \\ S_\alpha(x, y, 0) = S_\alpha^0, \quad S_\alpha(x, y, t) = \hat{S}_\alpha(t), \quad Q_\alpha = Q_\alpha^*(t), \quad \alpha = \overline{1, 2} \quad \kappa_{1\beta}(x, y, 0) = \\ \kappa_{1\beta}^0; \quad \kappa_{1\beta}(x, y, t) = \hat{\kappa}_{1\beta}(t), \quad \beta = \overline{1, 2} \end{aligned}$$

$$P(x, y, 0) = P(l, y, t) = P^0, \quad T(0, y, t) = T_c$$

$$\bar{T}(0, t) = \overline{T(H, t)} = T(x, 0, t)$$

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial y} = \lambda_{0n} \frac{\partial \bar{T}}{\partial y}, \quad \text{при } y = 0$$

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial y} = \lambda_{0n} \frac{\partial \bar{T}}{\partial y}, \text{ при } y = H \quad (18)$$

Систему уравнений (12) - (17) решаем при начально-краевых условиях (18) методом крупных частиц.

Численные исследования проведены для следующих значений исходных параметров: длина пласта $L = 100\text{ м}$; мощность пласта $H = 20\text{ м}$; темпы нагнетания теплоносителя $Q = 100\text{ м}^3/\text{сут}$; $T_0 = 300^\circ\text{ К}$; $T_c = 600^\circ\text{ К}$; $K = 3$ дарси; $m = 0,4$; начальное нефте и водонасыщенности $S_3^0 = 0,6$; $S_2^0 = 0,4$.

На рис. 3 изображены изосаты (линии равной насыщенности) паронасыщенности, при отсутствии гравитации. Штриховая линия показывает изменение паронасыщенности в теплоизолированном пласте. При учёте тепловых потерь на окружающие пласт породы формы изосат изменяются. Продвижение пара по середине пласта более интенсивнее. Такое продвижение связано, прежде всего, с тем, что температура точек пласта близлежащих к окружающим породам меньше, чем середине пласта. В связи чем, вязкость нефти от середины к краям нефтяного пласта увеличивается и, следовательно, ее подвижность падает.

На рис. 4 изображены изототермы температуры в пласте в момент времени $t = 20$ сут. Штриховой линией указано изотерма при отсутствии тепловых потерь в окружающие пласт породы. С течением времени происходит прорыв пара к эксплуатационной скважине. Причем по периферии пласта образуются зоны с пониженной температурой, причем прогрев этих зон происходит крайне медленно, что приводит к образованию «застойных» зон, из которых нефть практически не вытесняется. С этого момента большой объем пара выходит в эксплуатационные скважины, а вытеснение оставшейся нефти, происходит лишь за счет изменения ее температуры.

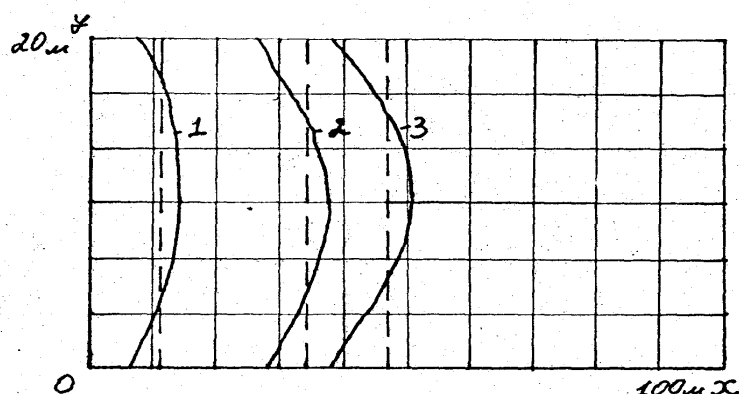


Рис. 3. Изосаты паронасыщенностей при отсутствии гравитации:
 $1 - S_1 = 0,7$; $2 - S_1 = 0,3$; $S_1 = 0,04$ при $t = 24$ сут.

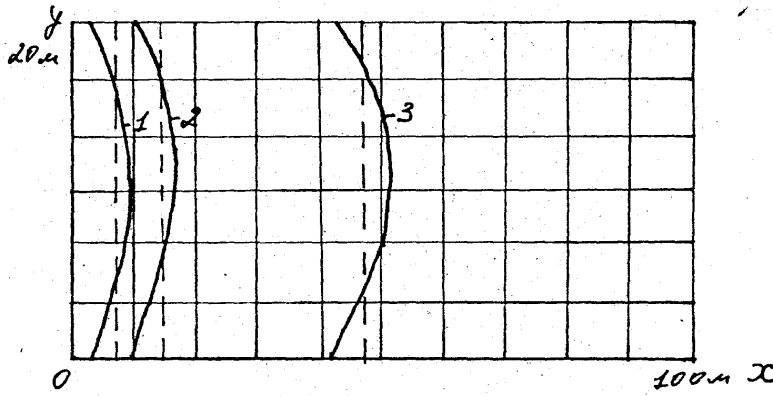


Рис. 4. Распределение температуры в пласте при $t = 24$ сут.: $1 - \bar{T} = 1,6$;
 $2 - \bar{T} = 1,4$; $3 - \bar{T} = 1,3$.

Математическая модель вытеснения нефти из круглого нефтяного пласта.

Рассмотрим вытеснение нефти водным паром из круглого пласта радиуса r_c . Через скважину радиуса r_0 нагнетается теплоноситель с постоянным дебитом Q . В начальный момент времени температура пласта и окружающей его породы остается постоянной T^0 . Давление нефтяного пласта также постоянно и равно P^0 . Содержание нефти и воды соответственно равны S_2^0 и S_3^0 . На контуре r_c давление постоянно и равно P^0 . Мощность пласта постоянна и равна H .

Математическая модель запишется в нижеследующем виде и требуется определить поле скоростей трехфазной фильтрации, значения давления, насыщенности фаз и распределение температуры:

$$\frac{\partial \rho_{1\beta}}{\partial t} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (r \rho_{1\beta} u_1) = I_{1\beta} \quad \rho = \overline{1,2} \quad (19)$$

$$\frac{\partial \rho_\alpha}{\partial t} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (r \rho_\alpha u_\alpha) = I_\alpha \quad \alpha = \overline{1,3} \quad (20)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho c T) + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (r \rho c u T) = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \lambda \frac{\partial T}{\partial r} \right) - q \quad (21)$$

$$\rho_{1\beta} = \rho_1 \kappa_{1\beta}, \quad \beta = 1,2; \quad \rho_\alpha = \rho_\alpha^0 m S_\alpha \quad (22)$$

$$\rho_{ni} C_{ni} \frac{\partial T(i)}{\partial t} = \lambda_{ni} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}, \quad i = 1,2$$

$$u_\alpha = - \frac{f_\alpha}{\mu_2 m S_\alpha} \cdot \frac{\partial P}{\partial r} \quad \alpha = \overline{1,3} \quad (23)$$

$$S_1 + S_2 + S_3 = 1, \quad I_1 = I_{11} + I_{12}, \quad I_2 = -I_{11}, \quad I_3 = -I_{12}, \quad \kappa_{11} + \kappa_{12} = 1$$

Здесь $q = - \frac{\lambda_{n1}}{H} \cdot \frac{\partial T^{(1)}}{\partial z} \Big|_{z=H} + \frac{\lambda_{H2}}{H} \cdot \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=H_2}$

Начальные и граничные условия имеют вид:

$$\begin{aligned}
S_{\alpha\lambda}(r,0) &= S_{\alpha}^{(0)}; & \lambda &= 1,3 \\
\kappa_{1\beta}(r,0) &= \kappa_{1\beta}^0, & \beta &= 1,2 \\
T(r,0) &= T^{(i)}(z, r_0, 0) = T_0 \\
P(r,0) &= P^0 \\
\rho_{\alpha} u_{\lambda} \Big|_{r=r_0} &= Q_{\alpha}^*, & \alpha &= \overline{1,3} \\
T(r_{0,t}) &= T_c \\
S_{\alpha}(r_0,t) &= \hat{S}_{\alpha}(t), & \alpha &= \overline{1,3} \\
\kappa_{1\beta}(r_0,t) &= \hat{\kappa}_{1\beta}(t), & \beta &= 1,2 \\
P(r_c,t) &= P^0, \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_c} &= 0 \\
T^{(1)}(H^*, x, t) &= T(x, t) \\
T^{(2)}(H_2^*, x, t) &= T(x, t) \\
T^{(1)}(H_1^*, x, t) &= T^{(2)}(0, x, t) = T_0 \\
Q_{\alpha}^* &= \frac{Q_{\alpha}}{2\pi r_0}
\end{aligned} \tag{24}$$

Уравнение давления запишется так:

$$\rho_1^0 \frac{\partial}{\partial r} \left[r \left(\frac{f_2}{\mu_2} + \frac{f_3}{\mu_3} \right) \frac{\partial P}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial r} \left[r \left(\frac{\rho_1^0 f_1}{\mu_1} \right) \frac{\partial P}{\partial r} \right] = rmS_1 \frac{\partial \rho_1^0}{\partial t} - r\rho_1^0 \sum_{\alpha=1}^3 I_{\alpha} / \rho_{\alpha}^0 \tag{25}$$

Согласно теории фильтрации в плоскорадиальной геометрии распределение давления в прискважинной зоне при $r_0 \rightarrow 0$ имеет логарифмическую особенность относительно переменной r . Сильно нелинейное распределение давления в прискважинной зоне обусловило ее выделение в самостоятельную зону и рассматривается в радиальной симметрии, поэтому при разработке численного алгоритма задачи (19)-(25) вводим замену переменной:

$$\eta = \ln(r/r_0) / \ln(1/r_0).$$

Задача решается методом крупных частиц. Для численного исследования примем следующие значения параметров:

$$\begin{aligned}
Q_1 &= 0,6 * 10^{-4}; \quad \bar{Q}_2 = 0; \quad \bar{Q}_3 = 0; \\
\rho_1^0 &= 0,06; \quad \rho_2^{(0)} = 1,11; \quad \rho_3^0 = 1; \\
S_2^0 &= 0,4; \quad S_3^0 = 0,6; \\
P^0 &= 1; \quad T^0 = 1; \quad T_c = 2; \quad P_0 = 1; \\
\hat{S}_2 &= 0; \quad \hat{S}_1 = 1. \quad C_3 = 1; \quad C_2 = 1,2; \quad C_1 = 0,31; \\
e_{11} &= 2,5; \quad Q = 0,6 * 10^{-4}; \quad \kappa = 1; \quad \lambda = 4,5 * 10^{-4}.
\end{aligned}$$

На рис. 5- 8 представлены результаты численных расчетов для моментов времени $t = 2; 4; 8; 12$.

В результате численного анализа установлено, что тепловое поле разделено на 3 зоны: первая, ближайшая к скважине, соответствует зоне перегретого пара; вторая - зона насыщенного пара и горячей воды; третья – зона воды и нефти с начальной температурой.

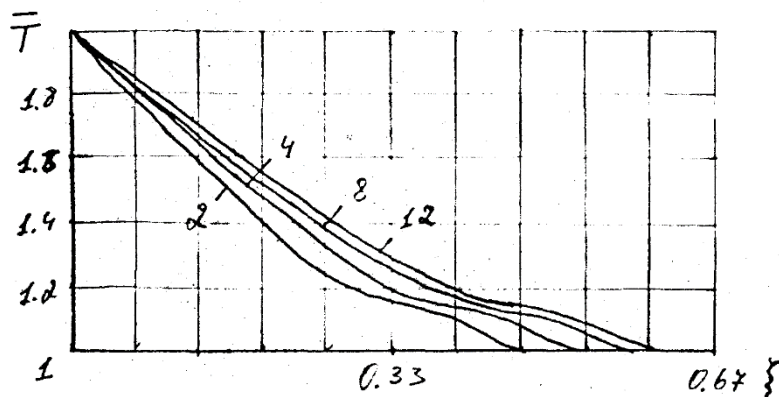


Рис. 5. Распределение температуры по длине пласта: 2- $t=2$; 4- $t=4$; 8- $t=8$; 12- $t=12$.

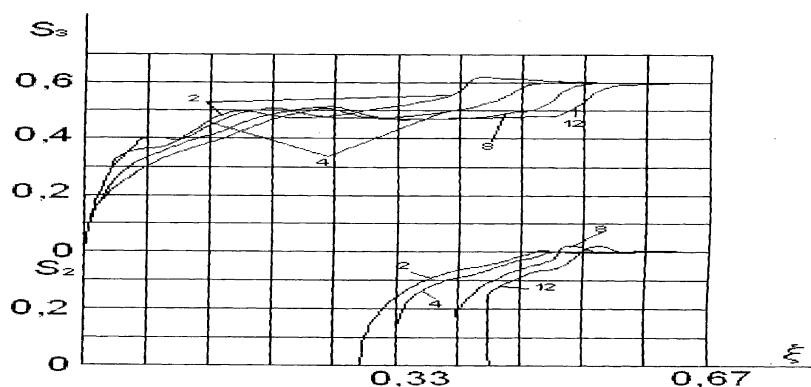


Рис. 6. Распределение нефти и водонасыщенностей по длине пласта.

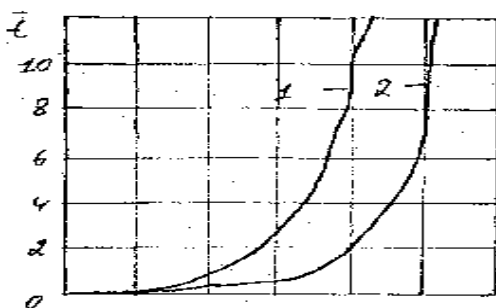


Рис. 7. Динамика распространения фронтов: 1-вода; 2-пар

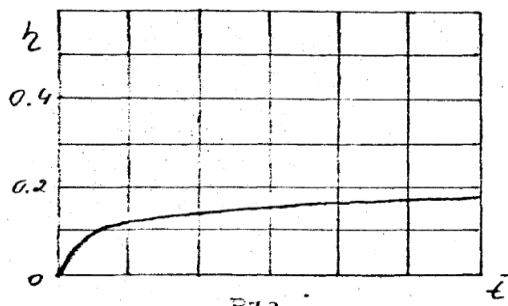


Рис. 8. Текущая нефтеотдача.

Распределение теплового поля по пласту носит неравномерный характер и характеризуется наличием двух скачков. Первый соответствует переходу пара в насыщенное состояние, второй – падению температуры до начальной.

Из рис. 5 следует, что распределение температуры аналогично линейному пласту. В зоне перегретого пара наблюдаются скачки в нефтенасыщенности, особенно в начале процесса. В дальнейшем скачки сглаживаются.

Остаточная нефтенасыщенность постепенно уменьшается благодаря испарению нефти (рис. 6). С увеличением температуры вода в пласте испаряется, и скорость продвижения заднего фронта водонасыщенности со временем падает (рис. 7). Практически отсутствуют водные валы, наблюдаемые в линейном пласте, что отрицательно сказывается на нефтеотдаче пласта (рис. 8).

В целом характер распределения, как температуры, так и насыщенности фаз в призабойной зоне носит тот же вид что и в линейном пласте.

В завершении данного раздела отметим, что разработанные математические модели, численные алгоритмы на основе метода крупных частиц, результаты численного моделирования задач вытеснения высоковязкой нефти, пакеты прикладных программ нашли практическое применение на Атыраузких нефтяных месторождениях и в Атыраузском институте нефти и газа (г. Атырау, Казахстан).

II. Математическое моделирование гидродинамических процессов в оползневых и селеопасных горных склонах

Одной из главных целей данного раздела является исследование движения жидкости в оползневых горных склонах и воздействия фильтрации и инфильтрации на устойчивость склонов. Предлагается гидродинамический подход к исследованию основных оползнеобразующих факторов и моделирование процессов фильтрации и инфильтрации жидкости в склонах.

В теории фильтрации жидкости различают, как известно, напорную (кривая депрессии отсутствует) и безнапорную (кривая депрессии неизвестна) фильтрацию в насыщенных средах, инфильтрацию или влагоперенос в ненасыщенной среде. Указанные типы течений могут быть как стационарными (установившимися), так и нестационарными (неустановившимися), а среда может быть однородно-изотропной, однородно-анизотропной, неоднородно-изотропной и неоднородно-анизотропной средой.

Модель фильтрации жидкости с неизвестной границей.

В силу геологических условий, рельефа местности, гидрогеологических условий на территории Кыргызстана имеются оползневые горные склоны, для которых основным фактором развития и активизации выступают фильтрационные течения. В качестве примера выступают, в первую очередь, оползни гидродинамического разрушения, оползни внезапного разжижения, оползни - течения и т.д.

Рассмотрим фильтрацию подземных вод в оползневом горном склоне, считая грунтовую массу неоднородно-анизотропной средой. Область течения считается известной, за исключением нижней границы, которая представляет собой линию тока - неизвестную вероятную линию смещения. Требуется определить все основные гидродинамические характеристики фильтрационного потока: функцию напора, тока, фильтрационное давление, скорость фильтрации, величину расхода жидкости.

Математическая модель данной задачи сводится к следующей двумерной смешанной краевой задаче фильтрации:

$$\frac{\partial}{\partial x} [k_1(x, y) \frac{\partial H(x, y)}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [k_2(x, y) \frac{\partial H(x, y)}{\partial y}] = 0 \quad (26)$$

$$H(x, y) = c o n . \quad (27)$$

$$\partial H(x, y) / \partial n = 0 \quad (28)$$

$$\int_L \rho g [H(x, y) - f(x)] dl \leq P_0 \quad (29)$$

Здесь $K_1(x, y)$ и $K_2(x, y)$ - заданные коэффициенты фильтрации, $H(x, y)$ - искомая напорная функция, P_0 - наперед заданная величина.

Краевое условие (27) выполняется на водных границах области, условие (28) имеет место на непроницаемых границах области течения, а последнее условие (29) является дополнительным условием на неизвестной границе смещения оползней.

Модель (26) - (29) представляет собой краевую задачу III рода с условиями Дирихле на водных границах области и условием Неймана на непроницаемых границах. Дополнительное условие устойчивости (29) необходимо для корректной постановки задачи и нахождения неизвестной границы области - возможной линии смещения. Модель описывает также случай слоистой среды: только добавляется необходимое условие на границах разделов различных грунтов.

Для решения поставленной задачи применяется новая итерационная процедура на базе известного численного метода конечных элементов (МКЭ).

Аналогичным образом формулируется и решается задача трехмерной фильтрации жидкости в неоднородно-анизотропной среде:

$$\frac{\partial}{\partial x} [k_1(x, y, z) \frac{\partial H}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [k_2(x, y, z) \frac{\partial H}{\partial y}] + \frac{\partial}{\partial z} [k_3(x, y, z) \frac{\partial H}{\partial z}] = 0 \quad (30)$$

при краевых условиях Дирихле и Неймана.

Задача решена численным методом конечных элементов, построены поля распределения основных гидродинамических характеристик: функции напора, функции тока, давления, скорости.

**Модель нестационарной трехмерной фильтрации
в однородно-анизотропной среде.**

Рассматривается нестационарное фильтрационное течение в оползневых склонах, представляющих собой однородно-анизотропную среду. В данной задаче рассматривается трехмерная нестационарная фильтрация подземных вод в оползневых склонах, когда среда считается однородно-анизотропной, и предлагается аналитический метод для построения автомодельных решений с помощью разложения в ряд.

Как известно, краевая задача нестационарной пространственной фильтрации в однородно-анизотропном грунте описывается уравнением в частных производных второго порядка:

$$\frac{\partial}{\partial x} [k_1 \frac{\partial H}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [k_2 \frac{\partial H}{\partial y}] + \frac{\partial}{\partial z} [k_3 \frac{\partial H}{\partial z}] = \frac{\partial H}{\partial t} \quad (31)$$

при следующих начально-краевых условиях:

$$\begin{aligned} H(x, y, z, t)|_{t=0} &= H_0(x, y, z) & 0 \leq t \leq T \\ H(x, y, z, t)|_{x=N_0} &= H_{01}(t, y, z) \\ H(x, y, z, t)|_{x=N_1} &= H_{11}(t, y, z) \\ H(x, y, z, t)|_{y=N'_0} &= H_{02}(x, t, z) \\ H(x, y, z, t)|_{y=N'_1} &= H_{12}(x, t, z) \\ H(x, y, z, t)|_{z=N''_0} &= H_{03}(x, y, t) \\ H(x, y, z, t)|_{z=N''_1} &= H_{13}(x, y, t) \\ N_0 \leq x \leq N_1 & \quad N'_0 \leq y \leq N'_1 \quad N''_0 \leq z \leq N''_1 \end{aligned} \quad (32)$$

где $H(x, y, z, t)$ – искомая функция напора, K_1, K_2, K_3 - коэффициенты фильтрации, грунт считается однородно-анизотропным ($K_1 \neq K_2 \neq K_3 = \text{const}$).

Рассмотрим исходную задачу (31) - (32). Для решения применим следующий подход и ищем функцию напора жидкости в виде:

$$H(x, y, z, t) = \tau^m \cdot f(\tau), \quad \tau = \frac{t}{(x + y + z)^2} \quad (33)$$

здесь m - показатель автомодельности.

Сначала находим производную по времени и производные по X :

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\tau^m}{(x + y + z)^2} \cdot \left[\frac{m}{\tau} f(\tau) + f'(\tau) \right] \quad (34)$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = - \frac{2t \cdot \tau^m}{(x + y + z)^3} \cdot \left[\frac{m}{\tau} f(\tau) + f'(\tau) \right] \quad (35)$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} &= m(m-1)\tau^{m-2}\tau^2 \frac{4}{(x+y+z)^2} f(\tau) + m\tau^{m-1}\tau \frac{6}{(x+y+z)^2} f(\tau) + \\
&+ m\tau^{m-1}\tau^2 \frac{4}{(x+y+z)^2} f'(\tau) + m\tau^{m-1}\tau^2 \frac{4}{(x+y+z)^2} f'(\tau) + \\
&+ \tau^m\tau \frac{6}{(x+y+z)^2} f'(\tau) + \tau^m\tau^2 \frac{4}{(x+y+z)^2} f''(\tau) \\
\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} &= \frac{4\tau^m}{(x+y+z)^2} \left[\tau^2 f''(\tau) + (2m + \frac{3}{2}) \cdot \tau \cdot f'(\tau) + m(m + \frac{1}{2}) f(\tau) \right] \quad (36)
\end{aligned}$$

Аналогичным образом находятся $\partial H/\partial y$, $\partial H/\partial z$, $\partial^2 H/\partial y^2$, $\partial^2 H/\partial z^2$.

После ряда преобразований решение задачи нестационарной трехмерной фильтрации в автомодельной форме имеет вид:

$$H(x, y, z, t) = \left[\frac{(x+y+z)^2}{t} \right]^{\frac{m(m+\frac{1}{2})}{k}} \cdot A \cdot \sum_{i=0}^{\infty} a'_i \left[\frac{t}{(x+y+z)^2} \right]^i \quad (37)$$

Итак, получены приближенно-аналитические решения нестационарной трехмерной начально-краевой задачи фильтрации вида (31) - (32).

Модель одномерной (вертикальной) нелинейной инфильтрации жидкости в оползневых и селевых склонах.

Как известно, процесс впитывания влаги в почвогрунт можно математически моделировать квазилинейным дифференциальным уравнением параболического типа второго порядка в следующем виде:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[D(W) \frac{\partial W}{\partial x} \right] + \frac{\partial K(W)}{\partial x} \quad (38)$$

при следующих начальных и граничных условиях:

$$\begin{aligned}
W(x, t)|_{t=0} &= Q_0(x) \\
W(x, t)|_{x=0} &= Q_0(t) \\
W(x, t)|_{x=h} &= Q_1(t)
\end{aligned} \quad (39)$$

где $W(x, t)$ – искомая функция влажности, $D(W)$ и $K(W)$ – соответственно коэффициенты диффузии и влагопроводности. Коэффициенты $D(W)$ и $K(W)$ в целом можно назвать коэффициентами влагопереноса.

Решение начально – краевой задачи (38) и (39) рассмотрим следующим образом. Учитываем, что функции $W(x, t)$, $D(W)$ и $K(W)$ являются аналитическими функциями, тогда их можно представить в виде ряда, в частности в

окрестности точки, где W обращается в нуль, т.е.

$$D(W) = D_0 + D_1W + D_2W^2 + D_3W^3 + D_4W^4 + \dots = \sum_{i=0}^{\infty} D_i \cdot W^i \quad (40)$$

Функции $W(x, t)$ и $K(W)$ разлагаем в ряд по малому параметру ε в следующем виде:

$$W(x, t) = W_0(x, t) \cdot \varepsilon + W_1(x, t) \cdot \varepsilon^2 + W_2(x, t) \cdot \varepsilon^3 + W_3(x, t) \cdot \varepsilon^4 + \dots = \sum_{i=0}^{\infty} W_i(x, t) \cdot \varepsilon^{i+1} \quad (41)$$

$$K(W) = K_0W_0 \cdot \varepsilon + K_1W_1 \cdot \varepsilon^2 + K_2W_2 \cdot \varepsilon^3 + K_3W_3 \cdot \varepsilon^4 + \dots = \sum_{i=0}^{\infty} K_iW_i \cdot \varepsilon^{i+1} \quad (42)$$

где $W(x, t)$ – неизвестные функции.

Таким образом, применяя известный метод малого параметра, решения уравнения инфильтрации (38) при начальных и граничных условиях (39) можно записать в виде функции:

$$W_0(x, t) = (x+t)^{2m} \left[A \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^i + B \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i-1} \right] \quad (43)$$

где A и B произвольные постоянные определяемые согласно начальным и граничным условиям; c_i - коэффициенты степенного ряда определяемые с помощью рекуррентных формул; m – показатель автомодельности.

В завершение решения поставленной задачи нелинейной инфильтрации жидкости приведем найденные частные решения, которые представлены в виде нижеследующей таблицы 1. Итак, найдены решения краевой задачи нелинейной инфильтрации при разных значениях автомодельности m .

Таблица 1 - перечень решений при разных значениях автомодельности m

« m »	$(x+t)^{2m}$	согласно граничным условиям	$W_0(x, t) = (x+t)^{2m} \left[A \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^i + B \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i-1} \right]$
$m=-3$	$(x+t)^{-6}$	$A \neq 0, B = 0$	$W_0(x, t) = A \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i+6}$
$m=-2$	$(x+t)^{-4}$	$A \neq 0, B \neq 0$	$W_0(x, t) = A \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i+4} + B \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i+3}$
$m=-1$	$(x+t)^{-2}$	$A \neq 0, B \neq 0$	$W_0(x, t) = A \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i+2} + B \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i+1}$
$m=0$	1	$A \neq 0, B \neq 0$	$W_0(x, t) = A \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^i + B \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i-1}$
$m=1$	$(x+t)^2$	$A \neq 0, B \neq 0$	$W_0(x, t) = A \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i-2} + B \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i-3}$
$m=2$	$(x+t)^4$	$A \neq 0, B \neq 0$	$W_0(x, t) = A \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i-4} + B \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i-5}$
$m=3$	$(x+t)^6$	$A \neq 0, B \neq 0$	$W_0(x, t) = A \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i-6} + B \sum_{i=0}^{\infty} c_i \left(\frac{1}{x+t} \right)^{i-7}$

Для полученных решений одномерной инфильтрации были проведены расчеты основных физических показателей и характеристик процесса инфильтрации жидкости: функции влажности, затем скорости впитывания, далее для глубины просачивания в зависимости от времени.

На рисунке 9 показан график изменения профиля влажности при $t = 0,5\text{ч}; 1\text{ч}; 1,5\text{ч}; 2\text{ч}$.

Далее проводились расчеты для скорости впитывания влаги с поверхности. График зависимости скорости впитывания с поверхности почвы от времени показан на рис. 10.

Наконец, график зависимости глубины просачивания от времени показан на рисунке 11.

Модель двумерной инфильтрации жидкости в оползневых и селевых горных склонах.

Исследуем процессы инфильтрации жидкости в нескальных горных склонах, подверженных оползневой и селевой опасности. Физический процесс инфильтрации жидкости, возникающий за счет атмосферных осадков, снеготаяния, поверхностного стока моделируется в виде нелинейной начально-краевой задачи в двумерной постановке, для решения которой применяется приближенно-аналитический метод решения, позволяющий находить частные решения в автомодельной форме.

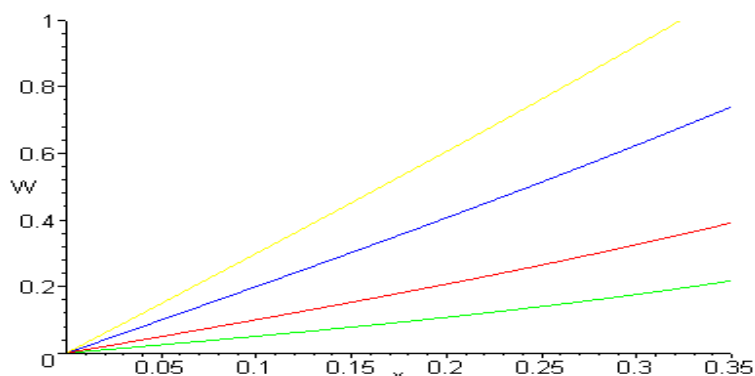


Рис. 9. График изменения профиля влажности при $t = 0,5\text{ч}; 1\text{ч}; 1,5\text{ч}; 2\text{ч}$.

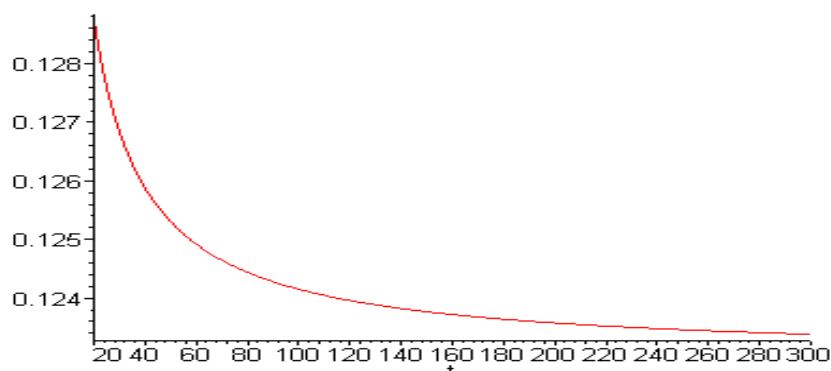


Рис. 10 Зависимость скорости впитывания от времени при впитывании с поверхности почвы.

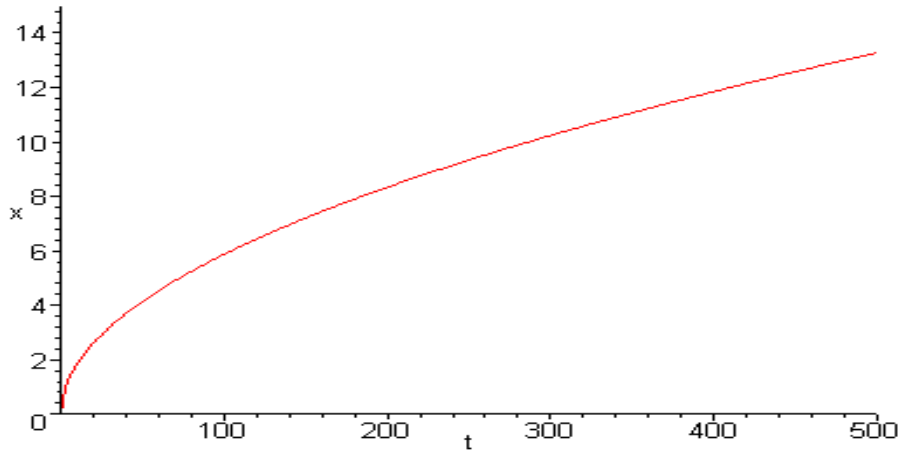


Рис. 11. Зависимость глубины просачивания x от времени t .

Математически процесс инфильтрации или движение жидкости в ненасыщенных средах можно моделировать относительно функции влажности для плоского случая в виде квазилинейного уравнения:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[D(W) \frac{\partial W}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[D(W) \frac{\partial W}{\partial y} \right] + \frac{\partial K(W)}{\partial y} \quad (44)$$

начально-краевые условия, налагаемые на искомую функцию влажности, имеют вид:

$$\begin{aligned} W(x, y, t)|_{t=0} &= W_0(x, y) & 0 \leq t \leq T \\ W(x, y, t)|_{x=0} &= f_0(y, t) & 0 \leq x \leq H \\ W(x, y, t)|_{x=h} &= f_h(y, t) \\ W(x, y, t)|_{y=0} &= g_0(x, t) & 0 \leq y \leq H' \\ W(x, y, t)|_{y=h'} &= g_{h'}(x, t) \end{aligned} \quad (45)$$

Здесь $W(x, y, t)$ - искомая функция влажности, $D(W)$ - коэффициент диффузии, $K(W)$ - коэффициент влагопроводности.

Как и в предыдущем случае, для решения задачи двухмерной инфильтрации жидкости применяется метод разложения в ряд по малому параметру. В результате преобразований получим решение задачи (44) – (45) в виде:

$$W_0(x, y, t) = A e^{-(x+y+t)} \cdot (x + y + t)^{1+m} \cdot \Phi(1 + m; 2; (x + y + t)) \quad (46)$$

где A - произвольная постоянная, определяемая согласно начально-краевых условий (45), Φ - вырожденная гипергеометрическая функция.

Таким образом, найдены аналитические решения начально – краевой задачи двумерной инфильтрации жидкости в оползневых и селевых склонах.

Моделирование селевых потоков и оползневых течений.

Рассмотрим движения оползневых течений и селевых потоков. По характеру движения оползни-потоки и связные сели близки к течениям жидкости в каналах. Это позволяет нам для моделирования движения этих явлений использовать математическую модель теории мелкой воды (или теории длинных волн). Отметим, что физическая модель движения потока в теории мелкой воды состоит в следующем: поток рассматривается как тонкий, однородный слой несжимаемой жидкости (плотность, коэффициенты гидравлического и «сухого» трения – постоянны). Здесь также полагают, что в начальный момент времени смещающаяся часть грунтового массива мгновенно дробится и превращается в «жидкость», которая затем «стекает» по склону (движение возникает из состояния покоя). Склон принимается переменным по крутизне, линейные размеры по длине и ширине значительны, т.е. эффектами, связанными с взаимодействием с воздухом на боковых границах потока, можно пренебречь. Полагаем, что движение потока подвержено действию силы тяжести и силы трения. Также вносится допущение о том, что отсутствуют внешние притоки массы.

Для описания движения потока по склону применяется система уравнений однослойной мелкой воды, которая в одномерном приближении и в консервативной форме имеет следующий вид (рис. 12):

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} = 0, \quad (47)$$

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2 + \frac{1}{2}gh^2 \cos \alpha)}{\partial x} = gh \sin \alpha - \tau_x. \quad (48)$$

Здесь t - время, x - координата вдоль склона, $u(x,t)$ - средняя по поперечному сечению потока скорость вдоль склона, $h(x,t)$ - высота (мощность) потока, отсчитываемая перпендикулярно поверхности склона, $\alpha(x)$ - угол наклона склона к горизонту, τ_x - проекция силы трения на ось x .

Рассматривая вопрос о выражении для силы трения, отметим, что данное выражение в случае потоков жидкостей имеет следующий вид:

$$\tau = k_g u^2, \quad (49)$$

где u - величина скорости в потоке, k_g - коэффициент трения. Данные о физическом параметре k_g для различных жидкостей можно найти в гидравлических справочниках.

Для решения системы (47) - (48) применяется метод крупных частиц. Среда моделируется системой из «жидких» (крупных) частиц, совпадающих в данный момент времени с частицей эйлеровой сетки. Стационарное решение задачи, если оно существует, получается в результате установления, поэтому

весь процесс вычислений состоит из многократного повторения шагов по времени. Расчет каждого временного шага (вычислительного цикла) в свою очередь, разбивается на три этапа:

I - эйлеров этап, когда пренебрегаем всеми эффектами, связанными с перемещением элементарной ячейки («потока площади» через границы элементарной ячейки нет), и учитываем эффекты ускорения жидкости лишь за счет сил, действующих на поток; здесь для крупной частицы определяются промежуточные значения скорости \tilde{u} ;

II - лагранжев этап, где при движении жидкости вычисляются «потоки площади» через границы эйлеровых ячеек;

III - заключительный этап, здесь определяются в новый момент времени значения физических параметров $\psi = (u, h)$ на основе законов сохранения массы и импульса для каждой ячейки и всей системы в целом на фиксированной расчетной сетке.

Происходит перераспределение физических параметров по пространству и определяются окончательные поля эйлеровых параметров потока на фиксированной расчетной сетке в момент времени $t^{n+1} = t^n + \Delta t$. Уравнения этого этапа представляют законы сохранения массы и импульса, записанные для ячейки (i) в разностной форме для вычисления новых значений глубины и скорости потока:

$$h_i^{n+1} = h_i^n + \frac{\Delta S_{i-1/2}^n - \Delta S_{i+1/2}^n}{\Delta x}, \quad u_i^{n+1} = \tilde{u}_i^n \cdot \frac{h_i^n}{h_i^{n+1}} + \frac{\Delta S_{i-1/2}^n \cdot \tilde{u}_{i-1}^n - \Delta S_{i+1/2}^n \cdot \tilde{u}_i^n}{h_i^{n+1} \cdot \Delta x}.$$

Вычислительный цикл, таким образом, закончен, и вся процедура повторяется сначала для следующего временного слоя t^{n+2} .

Для учета начальных и граничных условий задачи (47) - (48) применяется метод фиктивных ячеек. Данная методика позволяет по единому алгоритму проводить вычисления во всей области интегрирования, включая приграничные ячейки.

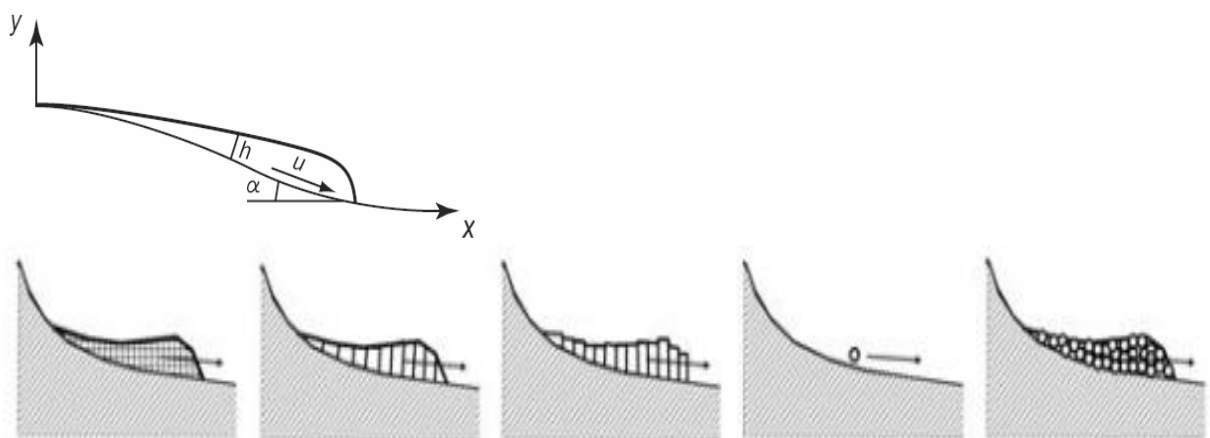


Рис. 12 Схемы движения селевых потоков и оползней-течений по склону

III. Математические модели, информационные технологии и системы распознавания образов для АПК.

В настоящем разделе изучается применение технологии машинного обучения для задач сельского хозяйства. Рассмотрены технологии построения моделей в растениеводстве с применением регрессионного анализа. Создан пакет программ с использованием интеллектуальных систем машинного обучения по технологиям Python с целью прогнозирования продукции растениеводства и животноводства. Данная методика позволяет изучать и строить модели для широкого круга задач в сфере АПК, рассматриваются сложные нелинейные данные, которые описывают количество реализованной продукции в отраслях растениеводства и животноводства и строятся модели на основе регрессионного анализа.

Рассмотрена конкретная задача на примере фермерских хозяйств Ананьевского айыл окмоту Иссык-кульской области. Приведем скриншот базы данных для прогнозирования растениеводства в указанных фермерских хозяйствах. На основе данных построены прогнозные модели для площади засева и урожайность ячменя, как одной из ведущих культур данного региона, для картофеля и заготовки сена для животноводства. Построены и проанализированы прогнозные модели по определению общего расхода типового фермерского хозяйства. Далее составлены прогнозы для домашнего скота на примере Иссык-кульской области.

	region	айыл окмот	id farmer	use udobr	have technik	u yach	plosh yach	charge yach	call yach	u kart	plosh kart	charge kart	call kart	u seno	plosh seno	charge seno	call seno	churn	rashod_yach
0	Иссык-Кульский	Ананьевский	101	Yes	No	25.54	1.49	8.09	4	9.72	1.86	10.39	5	258.90	1.71	133.31	4	True	16218.0
1	Иссык-Кульский	Ананьевский	102	Yes	No	28.71	1.59	9.78	3	7.58	1.35	10.29	4	256.60	2.83	129.27	5	False	14607.0
2	Иссык-Кульский	Ананьевский	103	Yes	Yes	30.22	2.77	9.64	4	7.25	2.48	10.90	5	258.11	2.48	121.69	4	False	26714.0
3	Иссык-Кульский	Ананьевский	104	Yes	No	28.14	1.35	8.63	3	11.46	2.96	10.08	3	250.54	1.92	121.42	3	False	12855.0
4	Иссык-Кульский	Ананьевский	105	Yes	No	32.34	2.22	8.01	5	7.16	2.57	10.92	3	255.78	1.71	124.82	4	False	25202.0
5	Иссык-Кульский	Ананьевский	106	No	No	30.93	1.28	8.24	5	9.26	2.04	9.11	5	250.71	1.95	120.24	3	False	16648.0
6	Иссык-Кульский	Ананьевский	107	Yes	No	29.91	1.56	9.96	4	7.15	1.90	9.18	2	253.83	1.63	120.05	5	False	16792.0
7	Иссык-Кульский	Ананьевский	108	Yes	No	28.20	2.82	9.83	5	8.92	2.71	10.66	5	255.86	2.78	128.43	5	False	30662.0
8	Иссык-Кульский	Ананьевский	109	Yes	No	34.27	2.96	9.73	3	7.52	2.12	9.67	4	259.87	1.10	127.56	4	False	24608.0
9	Иссык-Кульский	Ананьевский	110	No	No	34.83	2.85	8.09	3	9.33	2.77	9.08	3	252.20	2.81	124.36	5	False	23805.0

Рис. 13 Скриншот БД для прогнозирования

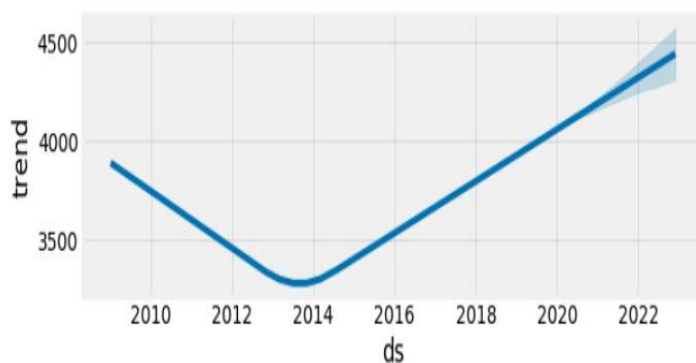
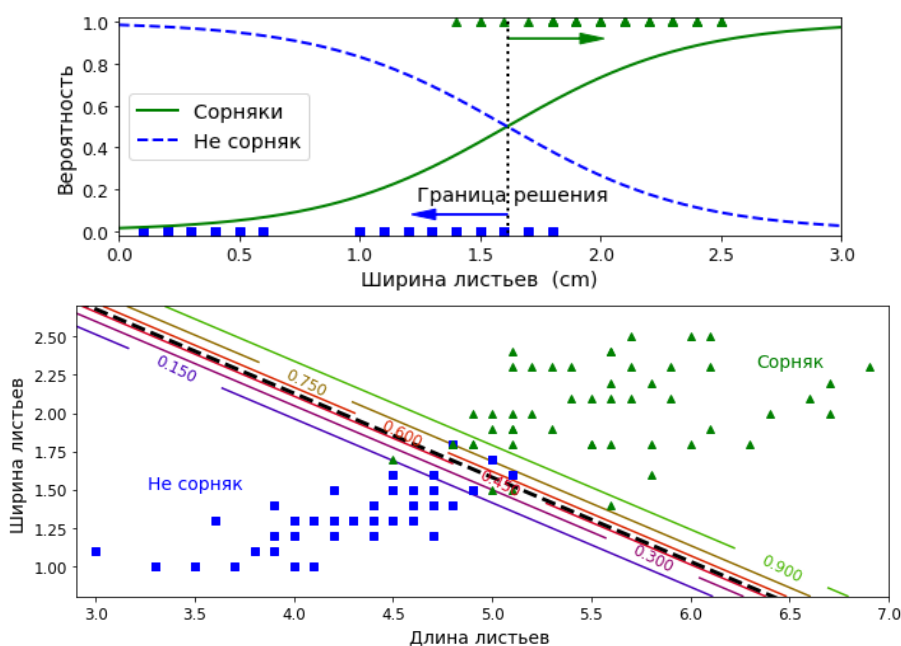


Рис. 14 Прогнозирование количества ячменя с 2020 по 2022 гг. (тренд)

Проектируется специализированная база данных и база знаний, ориентированные на решения конкретных задач сектора АПК по распознаванию образов и классификации в растениеводстве. Для указанных задач разработана сетевая информационная система в виде портала в современной среде программирования Django, поддерживающее базу данных для сферы АПК КР.

Разрабатываются технологии машинного обучения для задач классификации в растениеводстве. Ставится задача на основе систем распознавания образов классифицировать сорные растения или сорняки на сельскохозяйственных угодьях (см. рис.15). Далее начаты работы по новому направлению: применение технологий машинного обучения для определения болезней сельскохозяйственных культур. На примере выращивания помидоров получены первые результаты: фермерские хозяйства обращаются к веб-порталу со снимками заболевших растений, система распознавания образов ставит диагноз и из базы знаний извлекает методы лечения болезней растений. Таким образом, на основе новых технологий планируется оказание информационных услуг фермерским хозяйствам в он-лайн режиме.



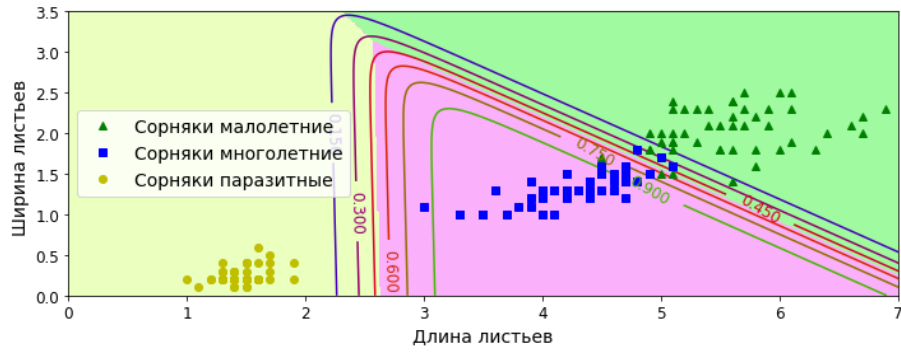


Рис. 15. Технологии распознавания образов для классификации сорняков

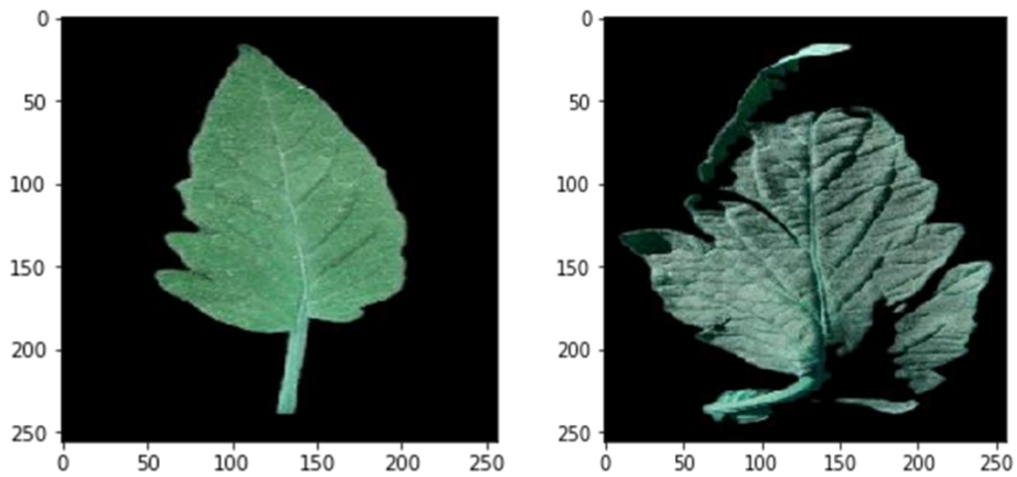


Рис. 16 Элементы искусственного интеллекта в АПК: здоровый и больной лист помидора

Информационный портал для АПК КР

Для ознакомления информацией по агропромышленному комплексу в целом вы можете ознакомиться на сайте «Web портал по АПК» а также получить на данном сайте полную информацию по основным технологиям выращивания культур растениеводства и садоводства : Для крестьянско-фермерских хозяйств сельского хозяйства предлагаем портал Web портал по оптимальному использованию пашни и пастбищ. Для аграриев и крестьянско-фермерских хозяйств Вы можете также на портале найти множество рекомендаций по АПК КР статистика показателей АПК Кыргызской республики

Электронная online система АПК

Распространенные болезни растений, фруктов и овощей

Динамика результатов лечения

Вы можете ознакомиться :

- Количество культур : 6
- Количество рекомендаций : 8
- Болезни растений не поддающиеся к лечению : 3
- Все растения и культуры : 5

Вы посетили страницу 1 раз.

Сады Кыргызстана

Иссык_кульская область

Чуйская область

Вход

Рис. 17 Главная страница WEB портала

IV. Информационные технологии и системы для сферы высшего образования (на примере КГУ им. И. Арабаева)

В данном разделе обсуждаются некоторые проблемные задачи, касающиеся информатизации и цифровизации системы высшего образования в Кыргызстане. Рассматриваются задачи по проектированию и разработке цифровой платформы (веб-портал) и компьютерных приложений для образовательной системы на примере ВУЗов; по формированию и развитию информационного обеспечения образовательных процессов в системе высшего образования.

Для успешной реализации поставленных задач необходимо разработать теоретические основы, математические модели, прогнозные задачи для системы высшего образования; планируется разработка математической модели для автоматической генерации расписаний занятий с учетом множества факторов: учебные предметы, количество аудиторий, учебная группа, курс, профессорско-преподавательский состав, пространственная отдаленность учебных корпусов и т.д.; проектирование и разработка информационной системы образовательного процесса в ВУЗах с применением современного программного инструментария и веб-технологий.

Построение системы электронного образования требует решения целого ряда важных задач и проблем, приведем, вкратце, следующие задачи:

- обеспечение доступности образования за счет применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий;
- разработка образовательных программ и внедрение электронных форм учебников и цифровых образовательных сред;
- возможности ИКТ в образовательном процессе высшего образования;
- профессиональное развитие преподавателей в условиях сетевых педагогических и социальных сообществ;
- разработка и внедрение целостных и частичных моделей электронных учебных заведений, реализующих образовательный процесс с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для ступеней высшего образования;
- использование средств электронного обучения для получения любым гражданином страны профессионального образования, повышения квалификации и переподготовки на протяжении всей жизни;
- повышение информационной открытости и прозрачности системы образования, развитие механизмов обратной связи;
- обеспечение преподавателей и представителей экспертного сообщества информационными инструментами для участия в создании электронных образовательных ресурсов;
- создание информационно-образовательного интернет-портала для студенческой молодежи, их родителей и преподавателей по проблемам развития, поддержки и сопровождения образовательных процессов.

Применение методов моделирования, разработка новых технологий и информационных систем для высшего образования позволяют добиться качественного образовательного контента для учебных заведений, предоставляют гибкость образовательного процесса (настраиваемый график обучения, оперативный контроль процесса обучения и многое другое), позволяют улучшить управляемость (электронная среда для комплексного управления учебным процессом, системы видеоконтроля учебного процесса и т.д.) и построение обратной связи (получение обратной связи от профессорско-преподавательского состава, контингента студентов и их родителей в ходе обучения и по его итогам).

На основе вышеизложенного проектируется и разрабатывается аппаратно-программная платформа в виде электронной цифровой площадки для формирования и развития информационной образовательной среды, информационных образовательных ресурсов и для межвузовского обмена образовательными программами и информационными ресурсами для вузов Кыргызстана. В качестве пилотного вуза выступает КГУ им. И. Арабаева, а в качестве базового факультета выбран факультет физики, математики и информационных технологий КГУ им. И. Арабаева.

На сегодняшний день разработан специализированный веб-сайт, который представляет собой аппаратно-программное ядро проектируемой вузовской цифровой площадки. На рис. 18 приведен веб – портал «Диспут», который представляет собой электронную площадку для системы высшего образования. Данная разработка – это облачная технология, которая позволяет решать все необходимые задачи, которые были сформулированы выше. Добавим, что специализированный портал находится на стадии тестирования отдельных программных компонентов. Приведем, вкратце, некоторые преимущества разработки, которые отражают эффективность цифровизации вуза:

- возможность использования аудио- и видеодокументов и их интеграция;
- независимость от времени и местонахождения преподавателя и студента;
- легкость создания образовательных ресурсов и их распространения;
- учет конкретных требований и индивидуальный подход к каждому студенту;
- обеспечение одинаковых возможностей доступа пользователей к образовательным ресурсам;
- возможность разработки и распространения современных образовательных стандартов, ориентированных на результат обучения;
- автоматизированные компьютерные системы с максимальной степенью достоверности и качества обеспечивают руководство и лиц, принимающих решения, всей необходимой управленческой информацией и многое другое.

При проектировании и разработке нашей системы исследовались вопросы применения программного обеспечения. Используемые программные продукты должны быть стандартизированы. Это означает выполнение таких требований и условий, которые налагаются на функциональность, параметры телекоммуникаций, на аппаратно-техническую платформу и т.д.

В соответствии с этим были изучены, проанализированы и разработаны критерии для программного обеспечения. По результатам этой работы были выбраны программные и аппаратно-технические решения, которые реализуются как единая цифровая платформа на открытых программных кодах.

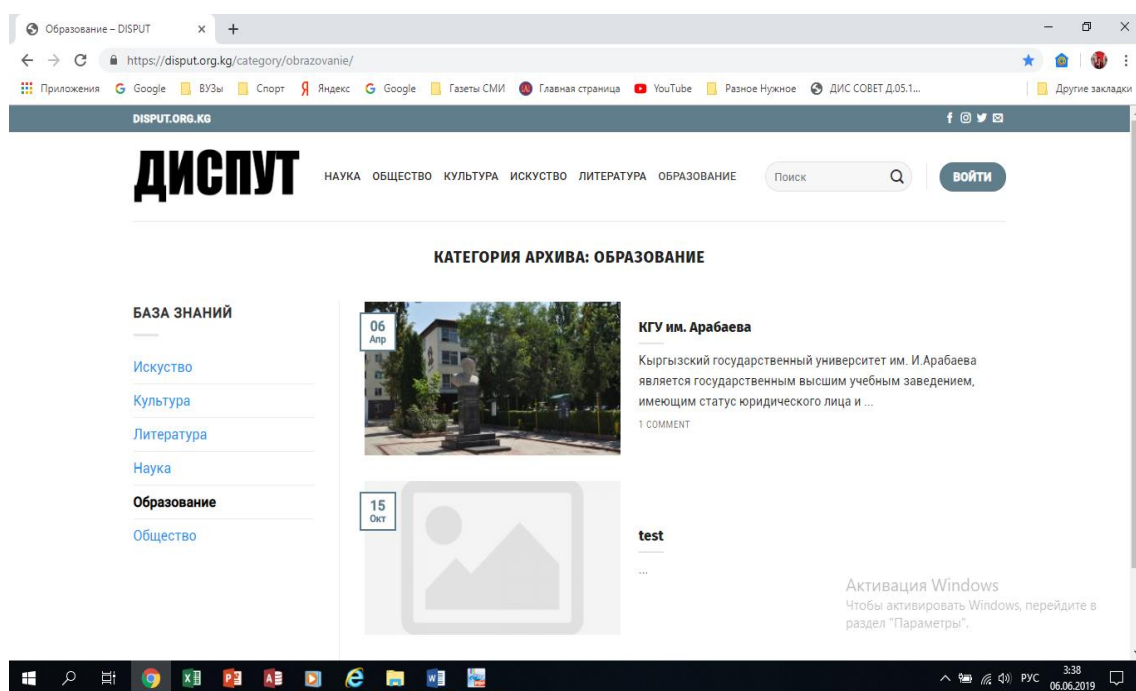


Рис. 18 Веб – портал «Диспут» (цифровая площадка).

Созданный веб-сайт «Диспут», функционирующий в тестовом режиме, соответствует следующим характеристикам и условиям:

а) Системный администратор должен организовать и обеспечить совместную работу (поиск и реализации групповой работы с группами; реализация через обозреватель интерактивных узлов для групп; обеспечение и реализация совместной работы с документами и файлами для всех ППС вузов и др.).

б) Основной контент веб-сайта: должны безотказно выполняться основные функции управления контентом, его организации, систематизации, а также публикации контента сайта (группировка содержания в заданной форме или по заданной теме; реализация контроля за публикациями и контентом; выбор целевого контента для определенной аудитории и др.).

в) Функции формирования и управления клиентским контентом (сохранность сведений в созданном едином пространстве; реализация основных функции по настройке веб-сайта и др.).

г) Функции по подготовке и публикации новостных сообщений (возможности сортировки и отбора необходимой новостной информации; функции по редактированию, добавлению и удалению информации в разделе новостей и др.).

д) Функции по созданию профилей пользователей (организация поисковой процедуры для нахождения информации о вузах и пользователях и др.).

Отметим, что для проектирования и создания сайта использованы следующие программные средства: PHP 5.3, HTML5, CSS3, JavaScript (библиотека jQuery), MySQL 5.

Разработанный веб-портал предназначен для формирования и развития образовательных и информационных ресурсов вузов на примере КГУ им. Арабаева и для межвузовского обмена информационными ресурсами, образовательными программами, электронными мультимедийными учебными пособиями и т.д.

V. Проектирование и разработка страновой аппаратно-программной цифровой платформы

В данном разделе содержатся результаты по проектированию и разработке аппаратно-программной цифровой платформы eltor.kg, которая представляет собой автономную информационную сеть в виде виртуальной облачной технологии, предназначенная для всей территории КР.

Создается универсальная и независимая информационная платформа для широкого взаимодействия гражданского общества и государства по основным общественно-социальным темам. В рамках электронной площадки всем участникам и пользователям представляется возможность:

- создание собственных информационных сайтов;
- автоматический доступ к встроенной электронной почте;
- обмен мнением с помощью встроенной социальной сети;
- отправка сообщений, аудио и видео звонки с возможностью проведения видеоконференций с помощью внутреннего мессенджера и другие сервисные услуги, реализуемые компьютерными сетями.

В результате создания системы eltor.kg реализуется механизм информационного взаимодействия: государство - гражданское общество - бизнес. Страновая система способствует информационному развитию регионов; позволяет организовать мониторинг информационной среды и социально – экономической системы Кыргызстана; организации и проведению общественного опроса на разных уровнях (населенный пункт, айылный аймак, район, область, республика). Система eltor.kg создает для каждого пользователя возможность создавать, формировать и развивать собственное информационное и медийное пространство.

Современные мировые коммуникации и глобальные сети включают в себя следующие составляющие или компоненты: веб – сайты; социальные сети; мессенджеры; электронная почта.

Наша система включает в себя все вышеуказанные составляющие современных ИКТ. Ниже приведены скриншоты системы с соответствующими компонентами. При этом система eltor.kg позволяет создавать все вышеуказанные компоненты в автоматическом режиме.

Общественная сеть eltor.kg разработана как инструмент информационного взаимодействия между государственными органами, органами местного

самоуправления, гражданским обществом, предпринимательской средой и гражданами (в том числе соотечественниками за рубежом) для создания единого информационного пространства в обществе и государстве.

Целостное информационное восприятие всех процессов, протекающих в обществе и отражающиеся в сети eltor.kg, должно проходить при определяющей роли государственных структур в реализации информационной политики нашего государства. При этом гражданское общество, бизнес – структуры и граждане – пользователи сети eltor.kg - являются непосредственными участниками этих процессов.

Информационная сеть eltor.kg является локальной, в смысле носящей страновой характер, и выступает в качестве инструмента по обеспечению информационной безопасности государства и общества, и представляет собой альтернативу глобальным сетям, формируя и развивая информационное пространство в зоне .kg на локальном страновом уровне.

Регистрация в общественной сети носит стандартный, общепринятый характер. После регистрации в сети автоматически создаётся личный аккаунт (профиль) пользователя. При этом пользователь получает право пользования социальной сетью, мессенджером, электронной почтой и создания собственных фильтров (рубрик, каталогов) с возможностью конфигурировать своё информационное поле по своему личному предпочтению в разрезе регионов страны, категорий тематик общественного характера, категорий пользователей и выбору предпочитаемых сайтов в сети.

Кроме того, в профиле своего аккаунта пользователь получает право создания своего сайта со своим наименованием и получением доменного имени третьего уровня. Незарегистрированные пользователи могут только просматривать весь контент в режиме ленты.

При создании своего информационного пространства пользователи имеют возможность формирования его по всем регионам страны (область, район, город, поселок, населённый пункт), типам организационной формы и категориям различных тематик общественного развития с применением гео-локации (ГИС).

Технологическое ядро (ТЯ) - базовый функционал, набор служб, не зависящий от области применения системы. Оно основано на операционной системе Oracle Linux - открытый дистрибутив операционной системы Linux, доступный под лицензией GNU General Public License и свободный для скачивания через сайт корпорации Oracle (после регистрации в Oracle Software Delivery Cloud). Oracle также предоставляет услуги по платной технической поддержке организаций, использующих дистрибутив.

Back-End - разработана на языке программирования Python с использованием баз данных PostgreSQL и Redis. Так же были использованы следующие библиотеки Python: Flask, SQLAlchemy, Flask-socket, Pillow.

Front-End - разрабатывается на Javascript, HTML5, CSS3 с использованием фреймворка REACT JS. Созданы мобильные приложения для Android и iOS на Javascript с использованием фреймворка React Native.

В заключении отметим, что возможности системы eltor.kg по развитию национального информационного пространства практически не ограничены.

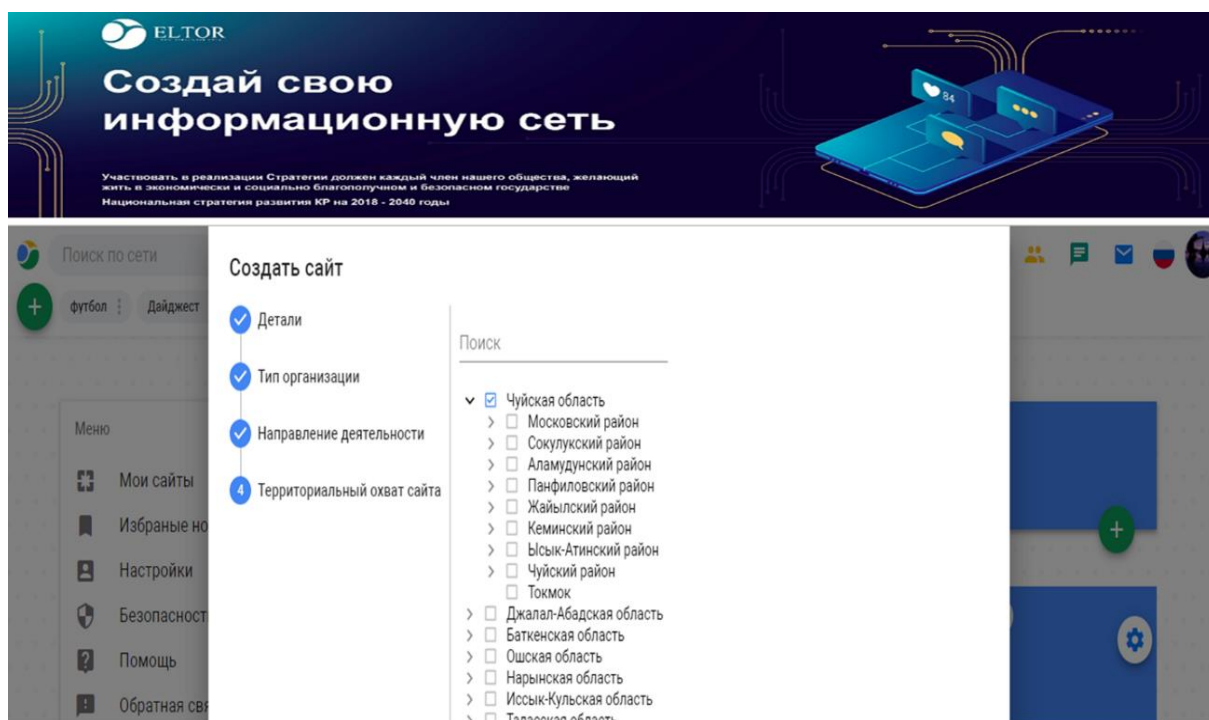


Рис. 19 Создание веб-сайта

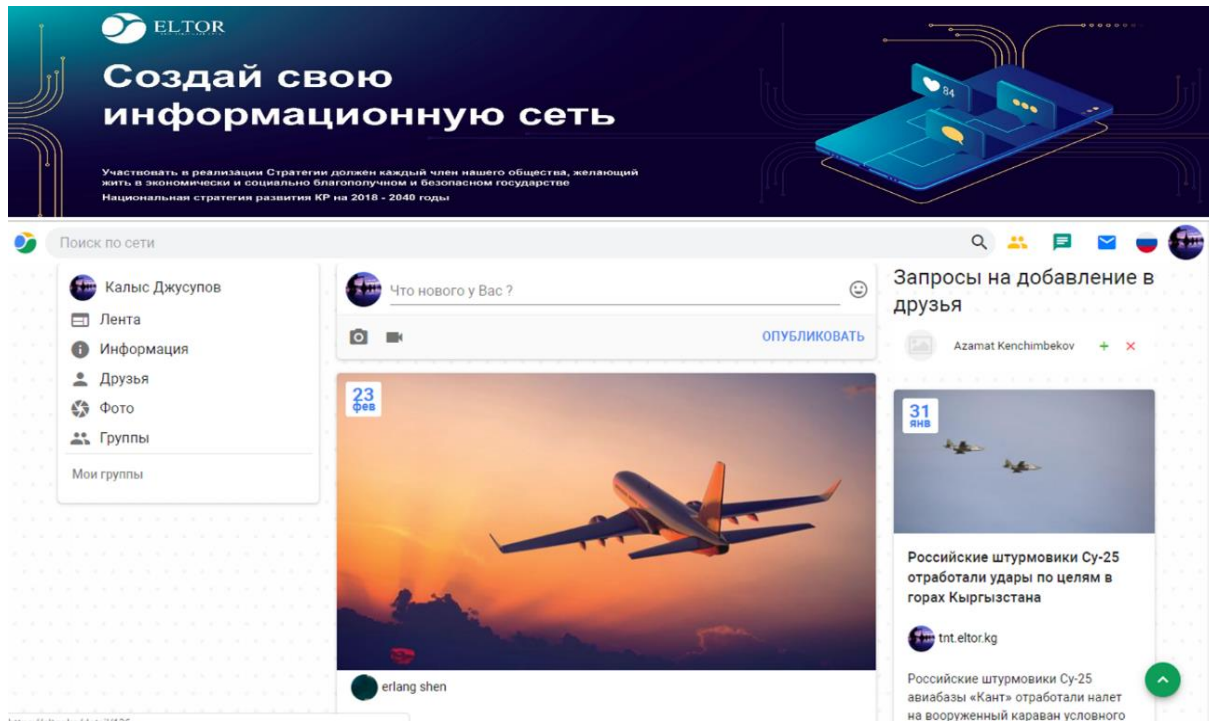


Рис. 20 Создание социальной сети

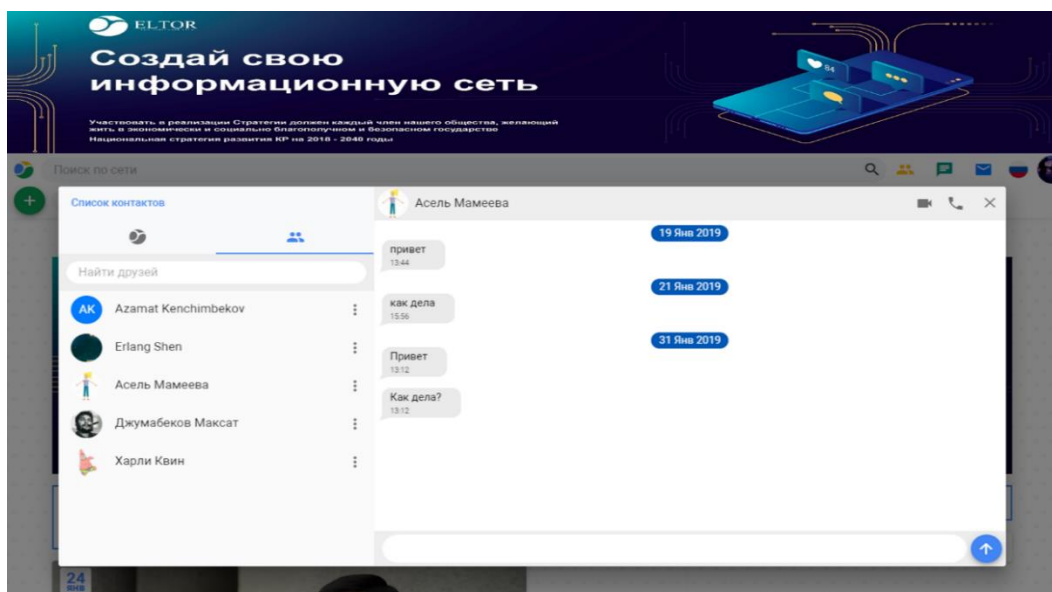


Рис. 21 Работа с мессенджером

ВЫВОДЫ

1. Научно-методологические основы математического моделирования процессов теплового вытеснения высоковязкой нефти и сравнение с экспериментальными данными позволяют сделать выводы о повышении нефтеотдачи пласта.
2. Математическое моделирование и гидродинамический подход к исследованию и расчету оползневых и селевых процессов, распространенных на территории страны, выступает как основной научный инструментарий. Математические модели селевых потоков и оползневых течений позволяют определить с достаточной достоверностью и точностью основные физические параметры и характеристики катастрофических процессов.
3. Предложены новые информационные технологии, а именно технологии машинного обучения и распознавания образов для практических задач сельского хозяйства и фермерских хозяйств. Разработаны математические модели, информационные технологии и системы на базе глубокого машинного обучения и нейронных сетей с элементами искусственного интеллекта.
4. Формулируются и решаются научно-прикладные задачи по разработке информационных систем и новых информационных технологий для формирования и развития открытых образовательных ресурсов вузов, для предоставления информационных услуг в образовательной сфере и для обеспечения перехода к электронному образованию и к «электронному университету».
5. В целях развития процессов информатизации и цифровизации государственных органов, общественных объединений и сообществ, бизнес-структур и гражданского общества в целом проектируется и разрабатывается страновая система на основе новых облачных технологий. Данная система нацелена на достижение цифрового суверенитета и информационной безопасности нашей страны.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

МОНОГРАФИИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ

1. Бийбосунов, Б. И. Математические модели и вычислительные методы гидродинамики в прикладных задачах [Текст] / Б.И. Бийбосунов // Монография, КГУ им. И. Арабаева, РИНЦ. - Бишкек, 2019. – 156 с. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44093225>
2. Бийбосунов, Б. И. КР ЭГП кырыктарды математикалык моделдөө [Текст] / Б. И. Бийбосунов, М. У. Уметалиев, Ж. Бексултанов // Монография, КГУ им. И. Арабаева. - Бишкек, 2018. - 138 с.
3. Бийбосунов, Б. И. Ведомственные информационные системы (электронный мультимедийный учебник) / Б. И. Бийбосунов // Учебник для государственных служащих КР, ПРООН. - Бишкек, 2009.
4. Бийбосунов, Б. И. Краткий курс ИКТ [Текст] / Б. И. Бийбосунов, С. К. Бийбосунунова // Учебно-методическое пособие, КГУ им. И. Арабаева, РИНЦ. - Бишкек, 2010. – 78 с. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39247743>
5. Бийбосунов, Б. И. Информационные системы и технологии [Текст] / Б. И. Бийбосунов, Ж. Бексултанов // Учебно-методическое пособие, КГУ им. И. Арабаева. - Бишкек, 2015. - 97с.

Авторские свидетельства

6. Бийбосунов, Б. И. Линейное сглаживание и прогнозирование временных рядов для Excel [Текст] / Б.И. Бийбосунов // Авт.свидетельство, Кыргызпатент. - № 72. - Бишкек, 2004.
7. Бийбосунов, Б. И. Кубическое сглаживание и прогнозирование временных рядов для Excel [Текст] / Б.И. Бийбосунов // Авт.свидетельство, Кыргызпатент. - № 73. - Бишкек, 2004.
8. Бийбосунов, Б. И. Квадратичное сглаживание и прогнозирование временных рядов для Excel [Текст] / Б.И. Бийбосунов // Авт. свидетельство, Кыргызпатент. - № 74. - Бишкек, 2004.
9. Бийбосунов, Б. И. Сглаживание и прогнозирование временных рядов полиномом 5 степени для Excel [Текст] / Б.И. Бийбосунов // Авт.свидетельство, Кыргызпатент. - № 75. - Бишкек, 2004.
10. Бийбосунов, Б. И. Сглаживание и прогнозирование временных рядов полиномом 4степени для Excel [Текст] / Б.И. Бийбосунов // Авт. свидетельство, Кыргызпатент. - № 76. - Бишкек, 2004.
11. Бийбосунов, Б. И. Информационная система «Оползни Кыргызстана» [Текст] / Б.И. Бийбосунов, К. Ачекеев, Ж. Бексултанов // Авт. свидетельство, Кыргызпатент. - № 20130002 - Бишкек, 2013.
12. Бийбосунов, Б. И. Компьютерная программа на ЭВМ «Электронная медицинская карта» для клиники им. И.К. Ахунбаева Национального госпиталя Министерства здравоохранения КР [Текст] / Б.И. Бийбосунов, К. Ачекеев, Т. М. Уметалиев // Авт. свидетельство, Кыргызпатент. - № 500. –

Бишкек, 2018.

13. Бийбосунов, Б.И. Информационная система для оптимизации в сфере государственной службы Кыргызской Республики [Текст] / Б. И. Бийбосунов, Т. Курманбек уулу // Официальный бюллетень (Кыргызпатент, Авт. свидетельство № 538). – Бишкек, 2019. -№ 1(1)(237). - С. 130 – 133.

14. Бийбосунов, Б.И. Информационная система для органов МСУ Кыргызской Республики [Текст] / Б. И. Бийбосунов, К. Юсупов, Т. Курманбек уулу // Официальный бюллетень (Кыргызпатент, Авт. свидетельство № 539). - 2019. - № 1(1)(237). - С. 133-136.

Научные статьи

15. Бийбосунов, Б.И. Применение информационных систем в Кыргызстане для решения экономических задач [Текст] / Б.И. Бийбосунов // Мат. V Международной конференции «Информация, анализ, прогноз - стратегические рычаги эффективного государственного управления». - Киев, УкрИНТЭИ. - 2006. - с. 41- 45.

16. Бийбосунов, Б.И. Состояние паспортной системы и проблемы компьютерной безопасности в КР [Текст] / Б.И. Бийбосунов // Материалы Международной конференции «Современные вопросы компьютерной безопасности», ОБСЕ, Вена. - 2007.

17. Бийбосунов, Б.И. Численный анализ гидродинамических процессов в нефтяных пластах при термических воздействиях [Текст] / Б.И. Бийбосунов, Л. Аманбаева // «Известия ВУЗов» - Бишкек. - № 3-4, 2007. – с. 37 – 41.

18. Бийбосунов, Б.И. Моделирование гидродинамических течений в оползневых горных склонах [Текст] / Б.И. Бийбосунов // Современные проблемы механики сплошных сред / гидрогазодинамика, геомеханика и геотехнологии» - Бишкек, выпуск 7, 2008. – с. 12-21.

19. Бийбосунов, Б.И. Об одном аналитическом решении уравнения влагопереноса [Текст] / Б.И. Бийбосунов, М. Уметалиев // Известия КГТУ им. И. Раззакова – Бишкек, № 17, 2009. - с. 63 – 67. – Режим доступа: <http://arch.kyrlibnet.kg/uploads/BIYBOSUNOV-1.pdf>

20. Бийбосунов, Б.И. Частные решения уравнения фильтрации в неоднородной изотропной среде [Текст] / Б.И. Бийбосунов, М. Уметалиев // Известия КГТУ им. И. Раззакова – Бишкек, № 17, 2009. - с. 68 - 72. – Режим доступа: <http://arch.kyrlibnet.kg/uploads/BIYBOSUNOV-1.pdf>

21. Бийбосунов, Б.И. Проектирование и реализация «Единого окна» в сфере науки, инноваций и научно-технической информации [Текст] / Б.И. Бийбосунов, С.К. Бийбосунова // Вестник Академии управления при Президенте КР, № 9, 2009. – с. 60 - 65. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26273802>

22. Бийбосунов, Б.И. Приближенно-аналитический расчет начально-краевой задачи нестационарной фильтрации оползневых склонов [Текст] / Б.И. Бийбосунов, Ж. Бексултанов // Наука и новые технологии - Бишкек. - № 9 – 2011. - с. 3-7. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25401471>

23. Бийбосунов, Б.И. Решение краевых задач стационарной фильтрации жидкости горных склонов [Текст] / Б.И. Бийбосунов, Ж. Бексултанов // Наука и новые технологии - Бишкек. - № 11 – 2011. - с. 11-15. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25401473>
24. Бийбосунов, Б.И. Краткий обзор современных ИКТ для информационной системы вуза [Текст] / Б.И. Бийбосунов, Г. Джусупова // Интернет – журнал ВАК КР - Бишкек. – выпуск февраль 2012. – с. 10-17.
25. Бийбосунов, Б.И. Задачи расчета устойчивости склонов против падения селей [Текст] / Б.И. Бийбосунов, А. Чечейбаев, Ж. Бексултанов // Известия ВУЗов, № 5. – Бишкек. - 2012. - с. 10-13. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26691004>
26. Бийбосунов, Б.И. Расчет одномерной инфильтрации жидкости в оползнях [Текст] / Б.И. Бийбосунов, М. Уметалиев, Ж. Бексултанов // Современные проблемы механики сплошных сред, выпуск 17. - Бишкек. - 2013. - с. 19-26.
27. Бийбосунов, Б.И. Метод разложения в ряд для решения задачи однородно-анизотропной нестационарной трехмерной фильтрации жидкости [Текст] / Б.И. Бийбосунов, М. Уметалиев, Ж. Бексултанов // Современные проблемы механики сплошных сред, выпуск 17. - Бишкек. - 2013. - с. 76-81.
28. Бийбосунов, Б.И. Применение информационных технологий для анализа и прогноза оползней в КР [Текст] / Б.И. Бийбосунов, Ж. Бексултанов // Интернет – журнал ВАК КР - Бишкек. – 2013.
29. Бийбосунов, Б.И. Информационные технологии для предоставления электронных услуг в научно-технической сфере КР [Текст] / Б.И. Бийбосунов, Н.О. Асанбекова, Т. Курманбек уулу // КГЖПУ, Мат. межд. научно-практ. кон. «Качественное образование, передовая наука, зеленая экономика - будущее планеты». - Алматы, 2014. - с. 394-396. – Режим доступа: <http://lib.kazmkpu.kz/>
30. Бийбосунов, Б. И. Автоматизация экономических расчетов в сфере государственной службы КР [Текст] / Б.И. Бийбосунов, Т. Курманбек уулу, Жумалиева Ж. // Вестник КНТУ им. К. И. Сатпаева (Мат. межд. научно-практ. кон. «Актуальные проблемы механики и машиностроения»). – Алматы, 2014. – с. 214 - 218. – Режим доступа: <https://print.satbayev.university/>; <http://www.konf.x-pdf.ru/19tehlicheskie/>
31. Бийбосунов, Б. И. Приближенно-аналитический расчет двумерной инфильтрации жидкости в оползневых склонах [Текст] / Б.И. Бийбосунов, Ж. Бексултанов, М. Уметалиев // Известия КГТУ им. Раззакова - Бишкек, 2015. - № 1 (34). - с. 206-210. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26455473>
32. Бийбосунов, Б. И. Автоматизированная система управления и контроля трехступенчатым процессом сбраживания субстрата в биогазовых установках [Текст] / Б. И. Бийбосунов, З. Айтбаева, Р. Тажиева, Ж. Доумчариева // Известия ВУЗов. - Бишкек, 2016. - № 5. - с. 90-93. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26180069>
33. Бийбосунов, Б. И. Разработка сайта и электронных пособий по информатике [Текст] / Б. И. Бийбосунов, М. Байжарикова, К. Ачекеев // Известия

- ВУЗов. - Бишкек, 2016. - № 5. - с. 94 - 96. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26180069>
34. Бийбосунов, Б.И. Гидродинамический подход для устойчивости оползневых склонов [Текст] / Б.И. Бийбосунов, Ж. Бексултанов // Материалы I Международного конгресса тюркоязычных стран для инженерных и естественно-технических наук. – Анталья. – Турция. – 2017.
35. Бийбосунов, Б. И. Моделирование бизнес-процессов на примере интернет-магазина постельного белья "ИНКАР" [Текст] // Б.И. Бийбосунов, М. Тлебаев, И. Есназарова // Аллея науки. – Москва. - Том 4, № 5 (21). - 2018. - с. 105- 109. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35184092>
36. Бийбосунов, Б.И. Проектирование и создание виртуальных торговых витрин [Текст] // Б.И. Бийбосунов, М. Тлебаев, И. Есназарова // Аллея науки. – Москва. - Том 6, № 5 (21). - 2018. - с. 477- 482. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35222121>
37. Бийбосунов, Б.И. Проектирование и разработка приложений для экономических и коммерческих задач [Текст] // Б.И. Бийбосунов, У. Керимов, К. Юсупов, Шербакунова // Современные проблемы механики. – Бишкек. – 2018. - Выпуск № 34 (4). - с. 26-34. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39241044>
38. Бийбосунов, Б. И. Матричная модель и информационная система для сферы государственной службы Кыргызстана [Текст] / Б. И. Бийбосунов, К. М. Юсупов, Т. Курманбек уулу // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - Москва, 2019. - № 2. - с. 17-22. - Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37083842>
39. Бийбосунов, Б. И. Разработка информационной системы для органов местного самоуправления КР [Текст] / Б. И. Бийбосунов, К. М. Юсупов, Т. Курманбек уулу // Современные наукоемкие технологии. - Москва, 2019. - № 2. - с. 26-31. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37034404>
40. Бийбосунов, Б. И. Веб-сайт и информационная система анализа и прогноза экзогенных геологических процессов в Кыргызской Республике [Текст] / Б.И. Бийбосунов, Ж. Бексултанов, Т. Курманбек уулу // Современные наукоемкие технологии. – Москва, 2019. - № 3. - с. 25-30. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37317714>
41. Бийбосунов, Б.И. Моделирование структурных диспропорций экономики КР [Текст] / Б.И. Бийбосунов, Б. Сабитов, К. Чороев, Б. Давлятова // Фундаментальные исследования. – Пенза, 2019. - № 7. – с. 21 - 26. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39164245>
42. Biibosunov B.I. Development of Digital Platform for Social Media Creating in the Kyrgyz Republic [Текст] / B.I. Biibosunov, S.K. Biibosunova, M. Kojonov // ICVISIP 2019: 3rd International Conference on Vision, Image and Signal Processing, Vancouver BC Canada. - August, 2019. - Режим доступа: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3387168.3387215#sec-terms>
43. Biibosunov B.I. Information technologies for landslides and mudflows research [Текст] / B.I. Biibosunov, J. Beksultanov // Materials of the International Scientific

Conference, ЕММФТ 2019. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42845308>

44. Бийбосунов, Б. И. Информационная технология автоматизации мониторинга экзогенных геологических процессов в Кыргызстане [Текст] / Б. И. Бийбосунов, К. Абдылдаев, Н. Жолочубеков // Colloquium-journal. – Варшава, 2020. - № 4 (56). – с. 4-11. – Режим доступа: <http://www.colloquium-journal.org/wp-content/uploads/2020/02/colloquium-journal-456-chast-1.pdf>

45. Бийбосунов, Б. И. Информационные технологии и системы для органов местного самоуправления в Кыргызстане [Текст] / Б. И. Бийбосунов, Ж. Жумалиева // Colloquium-journal. – Варшава, 2020. - № 5 (57). – с. 26-30. – Режим доступа: <http://www.colloquium-journal.org/wp-content/uploads/2020/03/colloquium-journal-557-chast-1.pdf>

46. Бийбосунов, Б.И. Проблемные задачи цифровизации системы высшего образования Кыргызстана [Текст] / Б. И. Бийбосунов, Ж. Бексултанов, К. Юсупов, Ж. Жумалиева // Colloquium-journal. – Варшава, 2020. - № 6 (58). – с. 5-12. – Режим доступа: <http://www.colloquium-journal.org/wp-content/uploads/2020/03/colloquium-journal-658-chast-1.pdf>

47. Бийбосунов, Б.И. Численный метод построения моделей для прогнозирования экономических показателей сельского хозяйства [Текст] / Б. И. Бийбосунов, Б. Сабитов, З. Алмасбекова // Журнал Дневник науки. - Пермь, 2020. - № 2. – с. 15-27. – Режим доступа: <http://dnevniknauki.ru/index.php/number22020/fiziko-matematicheskie-nauki>

48. Бийбосунов, Б. И. Гидродинамическая и геодинамическая оценка устойчивости склонов и откосов [Текст] / Б. И. Бийбосунов, К. Абдылдаев, Т. Курманбек уулу // Журнал Дневник науки. - Пермь, 2020. - № 2. – с. 14-23. – Режим доступа: <http://dnevniknauki.ru/index.php/number22020/tekhnicheskie-nauki>

49. Бийбосунов, Б. И. Концепция цифровой платформы для Кыргызстана [Текст] / Б. И. Бийбосунов, М. Кожонов, А. Фатуллаев, А. Кенчимбеков // Colloquium-journal. – Варшава, 2020. - № 7 - 1 (59). – с. 11-15. – Режим доступа: <http://www.colloquium-journal.org/wp-content/uploads/2020/04/colloquium-journal-759-chast-1.pdf>

50. Бийбосунов, Б. И. Описание концепции Telegram ботов и их разработка [Текст] / Б. И. Бийбосунов, Н. Жолочубеков // Colloquium-journal. – Варшава, 2020. - № 7 - 1 (59). – с. 7 - 11. – Режим доступа: <http://www.colloquium-journal.org/wp-content/uploads/2020/04/colloquium-journal-759-chast-1.pdf>

51. Бийбосунов, Б. И. Создание компьютерной математической модели биотехнологического процесса обработки сырья [Текст] / Б. И. Бийбосунов, М. Б. Тлебаев, З. Айтбаева // PERIÓDICO TCHÊ QUÍMICA, ISSN 2179-0302. (2020); vol.17 (n°35). P. 640 - 654. – Режим доступа: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1022118.pdf>

52. Бийбосунов, Б.И. Development of the Telegram bot for weather fore-casting [Текст] / Б. И. Бийбосунов // Журнал Естественные и технические науки. – Москва, 2020. - № 8 (146). – с. 169-171. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=9779

РЕЗЮМЕ

диссертации в виде научного доклада Бийбосунова Болотбека Ильясовича на тему «Математическое моделирование и информационные технологии и системы в прикладных задачах» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности: 05.13.16 – применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях (по отраслям науки)

Ключевые слова: математическое моделирование, математическая модель, гидродинамические процессы, аналитические и вычислительные методы, нефтеносные пласты, оползни и сели, информационные технологии и системы, прогнозные модели, машинное обучение, распознавание образов, искусственный интеллект, сайтостроение, информатизация и цифровизация.

Объекты исследования: процессы тепломассопереноса в нефтеносных пластах; гидродинамические процессы, оползневые и селевые потоки; технологии и системы машинного обучения для задач АПК; новые информационные и облачные технологии, информатизация и цифровизация.

Цель работы: разработка математических моделей, аналитических и вычислительных методов для расчета гидродинамических процессов в нефтеносных пластах и оползневых и селевых склонах. Разработка новых информационных технологий и систем для прикладных задач в сфере АПК, для системы высшего образования, развития процессов цифровизации, развития информационных ресурсов, внедрение и практическая реализация.

Методы исследования: теория математического моделирования, теория нефтяной динамики, теория и методы гидродинамики, экзогенные геологические процессы, информационные технологии и системы, машинное обучение, облачные технологии, веб-технологии и сайтостроение.

Полученные результаты и их новизна: численное моделирование процессов теплового вытеснения высоковязкой нефти и повышение нефтеотдачи пласта. Математические модели оползневых и селевых процессов, аналитические и численные расчеты основных физических параметров и характеристик катастрофических процессов. Новые информационные технологии машинного обучения и распознавания образов для практических задач сектора АПК. Проектируется и разрабатывается новая цифровая аппаратно-программная платформа для развития информационных ресурсов, процессов информатизации и цифровизации, а также для достижения цифрового суверенитета и обеспечения информационной безопасности страны.

Степень использования результатов: разработанные математические модели, численные алгоритмы и пакеты прикладных программ, информационные технологии и системы нашли свое практическое применение.

Область применения: результаты исследований могут использоваться в нефтедобывающей отрасли, для мониторинга оползней и селей, найти практическое применение в государственном секторе, общественных организациях, вузах, реализующих цифровую трансформацию и информатизацию.

Бийбосунов Болотбек Ильясовичтин 05.13.16 – Илимий изилдөөлөрдө эсептөө техникаларын, математикалык моделдөөнү жана математикалык методдорду колдонуу (илимдердин тармактары боюнча) адистик боюнча техника илиминин доктору окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган «Колдонмо маселелердеги математикалык моделдөө жана маалыматтык технологиялар жана системалар» аттуу илимий доклад түрүндөгү диссертациялык изилдөөсүнүн
КЫСКАЧА МАЗМУНУ

Негизги сөздөр: математикалык моделдөө, математикалык модель, гидродинамикалык процесстер, аналитикалык жана эсептөө методдору, нефть кармаган катмар, көчкүлөр жана селдер, маалыматтык технологиялар жана системалар, прогноздук моделдер, машиналык окутуу, сөлөкөттөрдү таануу, жасалма интеллект, сайт түзүү, маалыматташтыруу жана санариптештирүү.

Изилдөөнүн объектиси: нефть кармаган катмарлардагы жылуулук масса жылдыруу процесстери; гидродинамикалык процесстер, көчкүлүк жана селдик агымдар; агрардык өндүрүш комплекстеринин (АӨК) маселелери үчүн машиналык окутуу технологиялары жана системалары; жаңы маалыматтык жана булуттук технологиялар, маалыматташтыруу жана санариптештирүү.

Иштин максаты: нефть кармаган катмарлардагы жана көчкү жана сел жүрүүчү беттердеги гидродинамикалык процесстерди эсептөө үчүн математикалык моделдерди, аналитикалык жана эсептөө методдорун иштеп чыгуу. АӨКнин чөйрөсүндөгү колдонмо маселелер үчүн, жогорку билим берүү системасы үчүн жаңы маалыматтык технологияларды иштеп чыгуу, санариптештирүү процесстерин өнүктүрүү, маалыматтык ресурстарды өнүктүрүү, ишке киргизүү жана практикалык ишке ашыруу.

Изилдөө методдору: математикалык моделдөөнүн теориясы, нефтилик динамиканын теориясы, гидродинамиканын методдору жана теориясы, экзогендик геологиялык процесстер, маалыматтык технологиялар жана системалар, машиналык окутуу, булуттук технологиялар, веб-технологиялар жана сайт түзүү.

Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыгы: жогорку илээшкек нефтини жылуулуктун жардамы аркылуу түртүп чыгаруу процессин сандык моделдөө. Көчкүлүк жана селдик процесстерди математикалык моделдөө, катастрофалык процесстердин мүнөздөмөлөрүн жана негизги физикалык параметрлерин аналитикалык жана сандык эсептөө. АӨК секторунун

практикалык маселелери үчүн сөлөкөттөрдү таануу жана машиналык окутуу жаңы маалыматтык технологиялары.

Маалыматташтыруу жана санариптештирүү процесстерин, маалыматтык ресурстарды өнүктүрүү үчүн, ошондой эле өлкөнүн маалыматтык коопсуздугун камсыздоо жана санариптик көз карандысыздыкка жетүү үчүн, жаңы санариптик аппараттык-программалык платформа долбоорлонууда жана иштелип чыгууда .

Жыйынтыктарды колдонуу деңгээли: иштелип чыккан математикалык моделдер, сандык алгоритмдер жана колдонмо программалардын пакеттери, маалыматтык технологиялар жана системалар өзүлөрүнүн практикалык колдонулуштарын тапты.

Колдонуу чөйрөсү: изилдөөнүн жыйынтыктары нефть чыгаруу тармактарында, көчкүлөрдү жана селдерди көзөмөлгө алууда, санариптик трансформацияны жана маалыматташтырууну ишке ашырып жатышкан мамлекеттик сектордо, коомдук уюмдарда, жогорку окуу жайларында практикалык колдонулушун табышы мүмкүн.

SUMMARY

dissertations in the form of a scientific report by Bolotbek Ilyasovich Biybosunov on the topic "Mathematical Modeling and Information Technologies and Systems in Applied Problems" for the degree of Doctor of Technical Sciences in the field of speciality: 05.13.16 - use of computer technology, mathematical modeling and mathematical methods in scientific research (in branches of science)

Keywords: mathematical modeling, mathematical model, hydrodynamic processes, analytical and computational methods, oil reservoirs, landslides and mudflows, information technologies and systems, predictive models, machine learning, pattern recognition, artificial intelligence, website building, computerization and digitalization.

Research objects: heat and mass transfer processes in oil-bearing strata; hydrodynamic processes, landslide and mudflows; technologies and systems of machine learning for agricultural tasks; new information and cloud technologies, informatization and digitalization.

Purpose of work: the development of mathematical models, analytical and computational methods for calculating hydrodynamic processes in oil-bearing strata and landslide and mudflow slopes. Development of new information technologies and systems for applied tasks in the field of agribusiness, for a higher education system, development of digitalization processes, development of information resources, implementation and practical implementation.

Methods of research: theory of mathematical modeling, theory of petroleum dynamics, theory and methods of hydrodynamics, exogenous geological processes, information technologies and systems, machine learning, cloud computing, web technologies and website building.

The results obtained and their novelty: numerical simulation of the processes of thermal displacement of highly viscous oil and enhanced oil recovery. Mathematical models of landslide and mudflow processes, analytical and numerical calculations of the main physical parameters and characteristics of catastrophic processes. New information technologies of machine learning and pattern recognition for the practical tasks of the agricultural sector. A new digital hardware and software platform is being designed and developed for the development of information resources, processes of informatization and digitalization, as well as for achieving digital sovereignty and ensuring information security of the country.

Efficiency of results usage: the developed mathematical models, numerical algorithms and application software packages, information technologies and systems have found their practical application.

Field of application: the research results can be used in the oil industry, to monitor landslides and mudflows, find practical application in the public sector, public organizations, universities that implement digital transformation and informatization.