

УДК 631.371:621.31

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2024-162-2-21-25>

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЖИДКИХ СРЕД

В.С. Корко,

доцент каф. энергетики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В статье рассмотрены эффекты и особенности воздействия различных энергетических факторов на свойства и физико-химическую активность жидких сред. Представлены результаты исследований влияния переменного и постоянного электрических полей на изменение свойств водопроводной и минеральной воды, пастеризованного молока в процессе электродного нагрева.

Ключевые слова: жидкие среды, изменение свойств, активация, электрическое поле, электрический ток, электродный нагрев, электрическая проводимость, водородный показатель, окислительно-восстановительный потенциал.

The article deals with the effects and specific features of the influence of various energy factors on the properties and physico-chemical activity of liquid media. The study results of the influence of alternating and direct electric fields on the change of properties of running and mineral water, pasteurized milk in the process of electrode heating are presented.

Keywords: liquid media, properties change, activation, electric field, electric current, electrode heating, electric conductivity, hydrogen index, redox potential.

Введение

В технологических процессах сельскохозяйственного производства используют различные жидкие среды, как в натуральном виде, так и в составе разнообразных дисперсных систем, которые представляют собой смеси из мелких частиц одного вещества (дисперсионная фаза), распределенной в массе другого вещества (дисперсионной среды). В жидких дисперсных системах различных биологических объектов (клеток растений, животных организмов и др.) дисперсионной средой является вода или растворы электролитов [1, 2].

В электротехнологии научный интерес представляют исследования влияния различных физических факторов на жидкие и влажные среды, которые в производственных условиях обеспечивают требуемые технологические эффекты (изменение потребительских свойств продуктов, повышение экологичности, урожайности или продуктивности, снижение энергетических, трудовых, материальных затрат).

Теоретическим и экспериментальным исследованиям в области энергетических воздействий на жидкие и влажные среды, совершенствованию на их основе электротехнологических процессов посвящены работы Акопяна С.Н., Аксенова С.И., Бахира В.М., Воловника Г.И., Зайца Е.М., Запорожана Е.Ю., Дерягина Б.В., Ланина В.Л., Рогачевского Б.М., Мосина О.В., Сидоренко Г.Н., Утехина Е.В. и других ученых.

Изменение свойств и активацию воды, водных растворов, других жидких сред можно осуществить с помощью физических, химических или биологических методов. Среди физических методов, обеспечивающих энергетические воздействия на жидкие сре-

ды, наиболее распространены и эффективны технологии обработки теплотой, механическими колебаниями, энергией электрического и магнитного полей, ультрафиолетового и лазерного излучения [3-9].

Например, при воздействии электромагнитным полем на воду или электролитные среды в процессе обработки происходит взаимодействие физических факторов, поглощение энергии и преобразование ее в другие виды (тепловую, механическую, химическую), обеспечивающие структурные и другие изменения в материалах. Основными определяющими факторами при этом являются параметры поля (напряженность, частота, количество электричества) и характеристики среды (удельная электрическая проводимость, диэлектрическая и магнитная проницаемость, водородный показатель pH и др.). В результате воздействий физических и электрохимических факторов жидкую или влажную среду с энергетической точки зрения можно характеризовать как сложную структурированную систему, преобразованную в неравновесное термодинамическое и активированное состояние [3-6; 10, 11].

При пропускании электрического тока через воду и электролиты возникают эффекты выделения теплоты и протекания различных электролитических процессов (электродный нагрев, электролиз, мембранный электролиз), сопровождающиеся электрохимическими реакциями, электрокинетическими явлениями, образованием новых веществ, повышением физико-химической активности преобразованных жидких сред [11].

Таким образом, анализ научно-технических источников информации свидетельствует о том, что модифицированные или активированные энергетическими воздействиями жидкие среды в течение неко-

того периода обладают повышенными физико-химическими и биологическими действиями, обеспечивающими технологический эффект, а затем в течение определенного времени релаксируют до исходного состояния. Совокупность таких свойств и особенностей обеспечивает им разнообразное применение в сельскохозяйственном производстве, высокую энергоэффективность и экологическую безопасность.

Целью работы является исследование воздействия электрических полей на изменение свойств жидких сред в процессе электродного нагрева.

Основная часть

Основными задачами научного исследования являются – обзор и анализ литературных источников, обоснование и выбор типичных представителей сельскохозяйственных жидких сред, электротехнологических методов их обработки и критериев или параметров, определяющих изменение их свойств и характеристик.

В работах [3-9] отмечается, что активированное состояние жидких сред под действием внешних полей определяется степенью преобразования структуры и изменения физико-химических свойств, определяемых диапазоном отклонения параметров (рН, окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), проводимости, диэлектрической проницаемости и др.) от их равновесных значений. Установлено некоторое изменение биохимической активности воды, даже при малоинтенсивной физической обработке, например, при таянии замороженной воды, нагревании. При различных энергетических воздействиях происходят изменения структурного состояния воды и водных систем, влияющие на подвижность диполей и сдвиги электрических параметров, определяющих их физико-химические свойства и степень активации [3, 4; 6, 11].

В ряде работ [3-10] установлено существенное изменение свойств дистиллированной и водопроводной воды (удельной электропроводности, рН, ОВП) в результате обработки высокочастотным электромагнитным полем, механическими колебаниями низкой и высокой частоты, лазерным излучением, постоянным магнитным полем.

В экспериментах по обработке дистиллированной воды постоянным магнитным полем (магнитной индукцией 2,5 мТл), электромагнитным полем (магнитной индукцией 2,5 мТл, частотой 1...100 Гц), низкочастотными механическими колебаниями (интенсивностью 30 дБ, частотой 1...100 Гц) определено снижение удельной электропроводности непосредственно после обработки и с течением времени в процессе хранения [5]. После обработки дистиллированной воды магнитным полем отмечено снижение величины ее диэлектрической проницаемости на 5...8 %, уменьшение содержания крупных кластеров и повышение рН от 5,27 до 5,43 [3].

Как показывает обзор литературных источников, влияние некоторых энергетических воздействий на воду относительно хорошо изучены и представлены.

Вместе с тем, цели и задачи в работах бывают ограничены, различаются методическими подходами к выбору объектов исследования, параметров технологий, при этом зачастую сведения и выводы бывают противоречивы. Многочисленность работ, разнообразие жидких сред и энергетических факторов, их роль в разработке электротехнологических процессов указывают на актуальность и перспективность проведения дальнейших экспериментов.

Основываясь на приведенных характеристиках и особенностях, а также с учетом степени минерализации и использования в производственных процессах, в качестве представителей жидких сред и объектов исследования выбраны следующие образцы: № 1 – водопроводная вода; № 2 – минеральная вода «Дарида»; № 3 минеральная вода «Дарида» газированная; № 4 – молоко пастеризованное жирностью 3,2 % (рис. 1-4). Из многообразия электротехнологических методов для оценки поведения и отклика исследуемых объектов на определенные энергетические воздействия прием технологии обработки электрическим полем при электродном нагреве переменным и постоянным током, отличающиеся между собой по физической сущности, действующим факторам, величине полезно используемой энергии.

При проведении экспериментов использовали электродную ячейку с плоскопараллельными электродами из нержавеющей стали, подключенную к источнику питания через лабораторный автотрансформатор. Для регулирования и измерений параметров жидкостей и оценки эффектов воздействий использовали соответствующие приборы: автотрансформатор АС-60Н с цифровой индикацией напряжения, вольтметры, амперметры, секундомер, цифровой рН-метр Н1 83141 с индикацией температуры, рН и ОВП среды.

Электродную ячейку заполняли одним из образцов жидкости до определенного уровня, размещали первичные измерительные преобразователи, создавали требуемую напряженность электрического поля и производили замеры величин в процессе нагрева.

Определение удельной электрической проводимости жидких сред осуществляли методом вольтметра-амперметра. Повторность всех измерений в экспериментах принята пятикратной.

Графики зависимости изменения температуры минеральных вод и молока от времени их нагрева при напряженности поля 1200 В/м приведены на рис. 1. Нагрев водопроводной воды в данном режиме не производили вследствие ее относительно низкой проводимости (рис. 2) и несопоставимости скорости нагрева. В дальнейших экспериментах при обработке водопроводной воды принимали напряженность поля 3000 В/м.

Постоянный электрический ток, представляющий собой направленный поток ионов в жидкой среде от одного электрода к другому, за счет электролиза, изменения рН, ОВП осуществляет определенные преобразования органических составляющих молока

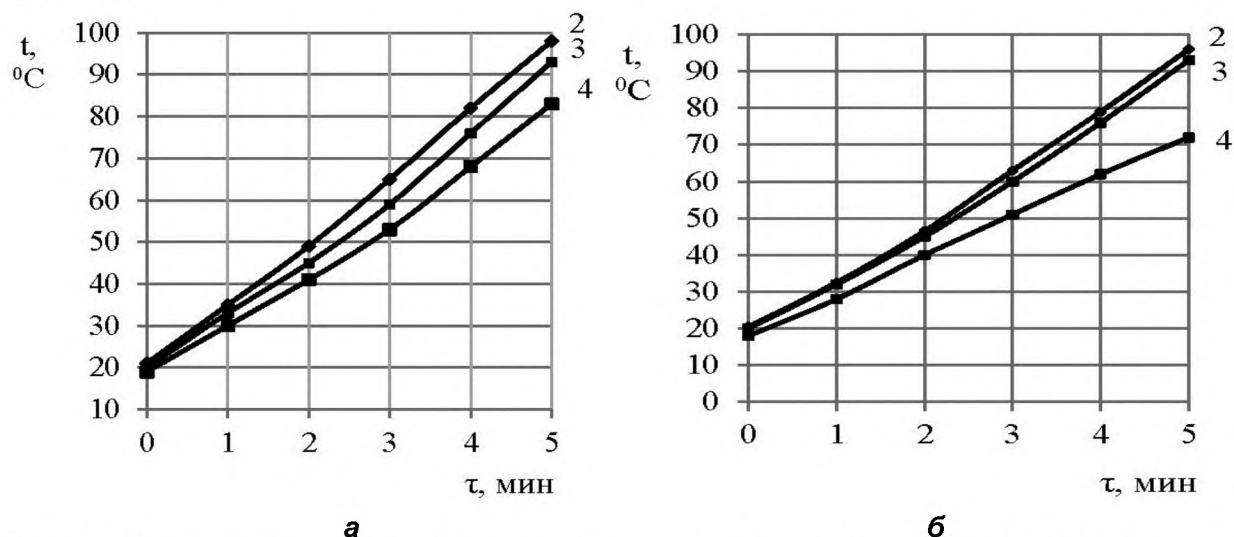


Рисунок 1. Кинетика электродного нагрева минеральных вод и молока переменным (а) и постоянным током (б)

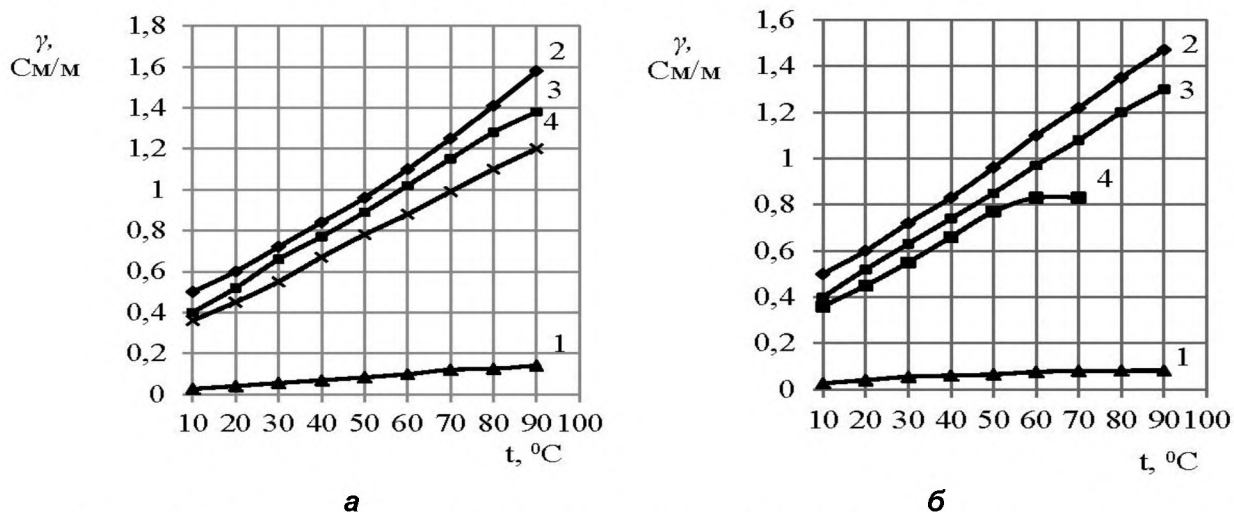


Рисунок 2. Зависимости изменения удельной проводимости образцов жидких сред от температуры при электродном нагреве переменным (а) и постоянным током (б)

(углеводов, белка, жира и др.). Поэтому линейный вид температурной характеристики проводимости сохраняется до 50 °С, а затем с ростом температуры происходит коагуляция и изменение структуры молока. При этом за счет сил переноса наблюдаются отложения преобразованных веществ на электродах, особенно на аноде, увеличивающие контактное сопротивление, а также на первичных преобразователях измерительных средств.

В процессе обработки исследуемых сред в электрическом поле, помимо температурного воздействия, изменения электрофизических характеристик, происходят и дополнительные электрохимические эффекты. На рис. 3 и 4 представлены графики изменений водородного показателя рН и окислительно-восстановительного потенциала E_{H} образцов жидких сред от температуры.

При воздействии электрического поля в жидких средах происходят изменения щелочности, кислотности

и ОВП, в значительной мере зависящие от рода тока. Переменный электрический ток с частотой поля изменяет направление, что снижает его действующее значение и эффективность электрохимических преобразований веществ. Вследствие этого температурные характеристики изменений рН и ОВП имеют не ярко выраженную нелинейность (рис. 3), за исключением молока.

В исследуемом температурном диапазоне обработки переменным током рН водопроводной воды, негазированной минеральной воды и молока с увеличением температуры снижаются на 0,25, 0,5 и 0,7 о.е. соответственно, а ОВП повышаются на 20, 19 и 65 мВ. В то же время рН минеральной газированной воды возрастает во всем диапазоне температуры на 0,5 о.е. и ОВП до 50 °С на 8 мВ, а затем вследствие дегазации и изменения степени дисперсности жидкости ОВП снижается от указанного максимального значения более чем на 20 мВ. Это свидетельствует о том, что переменный электрический ток при нагреве в

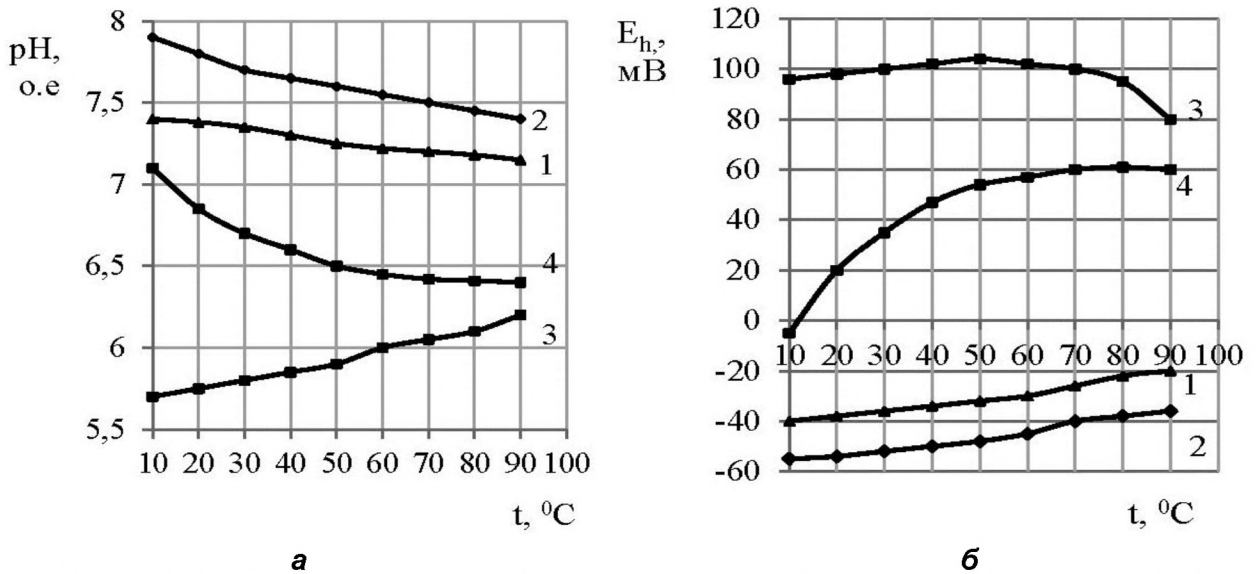


Рисунок 3. Изменение pH (а) и окислительно-восстановительного потенциала (б) образцов жидких сред в зависимости от температуры при электродном нагреве переменным током

определенной степени изменяет потребительские свойства минеральной газированной воды.

Показатели химических свойств (pH и ОВП) при обработке жидких сред постоянным током (рис. 4) имеют отличительные особенности в сравнении с переменным током вследствие влияния электролиза.

Под действием направленного потока ионов в минеральных водах и молоке наблюдается вспенивание (более значительное около катода) и перенос образующихся при электролизе частиц к аноду. Эти явления оказывают влияние на исследуемые эффекты и показатели. В частности, изменился характер изменений pH и ОВП сред, имеющих более сложный химический состав (минеральных вод и молока). Например, в

отличие от переменного тока pH минеральной воды негазированной вместо снижения увеличился до температуры 80 °C на 0,9 о.е., а затем с ростом влияния электролитических процессов начал снижаться. Для молока такой зоной перехода оказался температурный участок более 40 °C. Диапазон изменений pH и ОВП водопроводной воды увеличился на 0,9 о.е., ОВП снизился на 25 мВ. Анализ хода протекания процессов и изменений химических показателей свидетельствует о том, что для обработки молока и минеральной воды использовать постоянный ток нецелесообразно, так как происходит изменение и преобразование органических и минеральных соединений, а также загрязнение продуктами эрозии электродов.

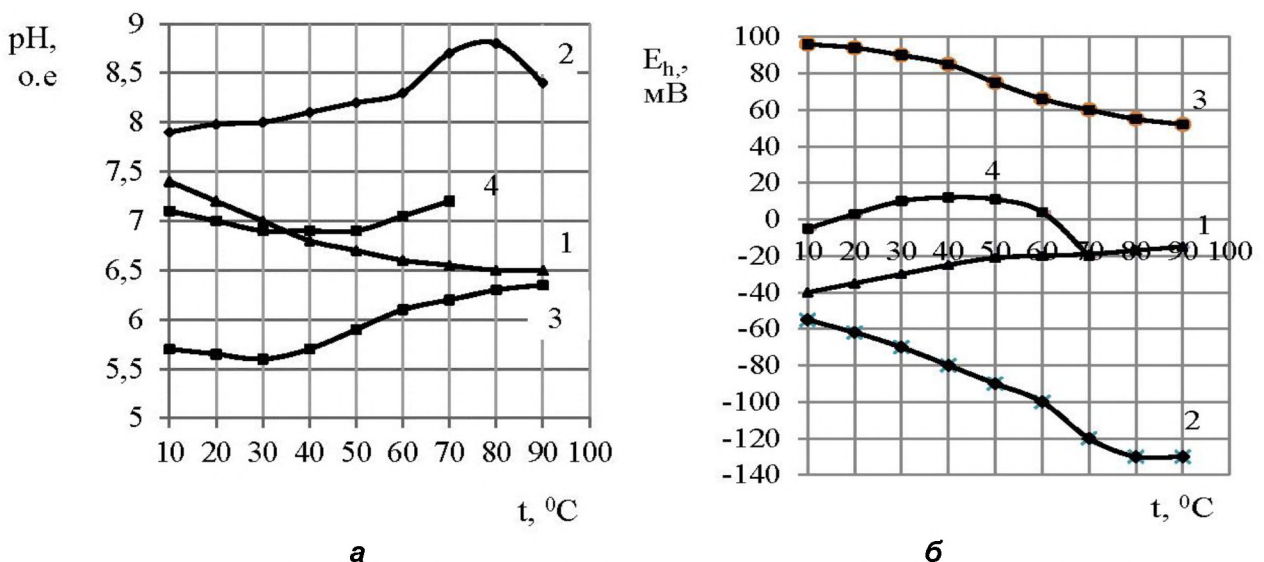


Рисунок 4. Изменение pH (а) и окислительно-восстановительного потенциала (б) образцов жидких сред в зависимости от температуры при электродном нагреве постоянным током

Заключение

Экспериментально установлено, что под действием принятых к исследованию энергетических факторов (термического, электрических полей переменного и постоянного тока) происходит изменение электрофизических и химических свойств, активация жидких сред, что позволяет повышать эффективность технологических процессов с их использованием.

При необходимости подогрева питьевой, минеральной негазированной воды и молока для животных можно использовать прямой электродный способ нагрева на переменном токе, имеющий определенные преимущества в сравнении с элементным нагревом.

Установленные особенности и закономерности технологических воздействий электрических полей, температурные характеристики проводимости жидких сред следует учитывать при разработке технологических процессов, проектировании электротермических устройств, расчетах и выборе питающих проводников, пусковых и защитных аппаратов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вода в дисперсных системах / Б.В. Дерягин и [др.]. – 1989. – 288 с.
2. Аксенов, С.И. Вода и ее роль в регуляции биологических процессов / С.И. Аксенов. – М.: Институт компьютерных технологий, 2004. – 212 с.
3. Изменение свойств воды и водосодержащих систем при использовании низкоэнергетических воздействий / Г.Н. Сидоренко и [др.]. – Химическая технология и биотехнология. – № 2. – 2018. – С. 99-118.
4. Терешко, В. Изменение физических параметров воды, подвергнутой плазменной обработке /

В. Терешко, В. Редько, И. Терешко // Наука и инновации. – 2019. – № 8 (198). – С. 66-69.

5. Акоюн, С.Н. Исследование удельной электропроводности воды при воздействии постоянного магнитного поля, электромагнитного поля и низкочастотных механических колебаний / С.Н. Акоюн, С.Н. Айрапетян // Биофизика. – 2005. – Т. 50, вып. 2. – С. 265-270.

6. Агеев, И.М. Корреляция солнечной активности с электропроводностью воды / И.М. Агеев, Г.Г. Шишкин // Биофизика, 2001. – Т. 46, вып. 5. – С. 829- 832.

7. Запорожан, Е.А. Влияние предварительной ультразвуковой обработки воды на характеристики модельных эмульсий на основе кедрового жмыха / Е.А. Запорожан, Е.Ю. Егорова, С.Н. Цыганок // Ползуновский вестник. – 2020. – № 3. – С. 11-15.

8. Корко, В.С. Исследование влияния энергетических факторов на изменение свойств и активацию воды в технологических процессах сельского хозяйства / В.С. Корко, М.А. Челомбитько // Промышленность и сельское хозяйство. – 2022. – № 12 (41). – С. 19-24.

9. Ланин, В.Л. Физические эффекты ультразвука в жидких средах и их применение в технике / В.Л. Ланин // Технологии в электронной промышленности. – 2013. – № 2. – С. 10-15.

10. Букатый, В.И. Измерение физико-химических характеристик воды при различных физических воздействиях с учетом переходных процессов / В.И. Букатый, П.И. Нестерюк // Ползуновский вестник. – 2010. – № 2. – С. 60-65.

11. Заяц, Е.М. Электротехнология: учеб. пособие / Е.М. Заяц. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 400 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 09.04.2024

“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).

Журнал выходит один раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.

Стоимость подписки на 1-е полугодие 2024 года: для индивидуальных подписчиков - 42,78 руб., ведомственная подписка - 44,94 руб.