

# Сравнительный анализ содержания гормональных продуктов в питьевых и поверхностных водах Кавказского региона

✉ Л. С. ЛАМАШВИЛИ<sup>1,2</sup>, Э. А. АГОЕВА<sup>1,2</sup>, С. С. ХАШИРОВА<sup>1</sup>, П. П. СНЕТКОВ<sup>1</sup>,  
А. А. АГОЕВ<sup>3</sup>, С. Н. МОРОЗКИНА<sup>4</sup>, А. А. АГОЕВ<sup>5</sup>, А. С. ВИНДИЖЕВА

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский Государственный университет, им. Х. М. Бербекова, *Нальчик, Российская Федерация*

<sup>2</sup> ФГБУ Кабардино-Балкарский Государственный Высокогорный заповедник, *Кашхатау, Российская Федерация*

<sup>3</sup> Чегемский филиал ГБПОУ Кабардино-Балкарский колледж «Строитель», *Чегем, Российская Федерация*

<sup>4</sup> ФГБУ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии Министерства здравоохранения Российской Федерации, *Санкт-Петербург, Российская Федерация*

<sup>5</sup> ФГБОУ ВО Колледж информационных технологий и экономики, *Нальчик, Российская Федерация*

## Резюме

Введение биологически активных соединений, в частности гормональных веществ естественного и синтетического происхождения, в водные экосистемы представляет собой глобальную проблему экологической безопасности населения. Стероидные гормоны — 17β-эстрадиол (E2), эстриол (E3) и прогестерон — обладают высокой эстрогенной активностью и рассматриваются как ключевые эндокринные разрушители. Цель исследования — сравнительная оценка содержания 17β-эстрадиола (E2), эстриола (E3) и прогестерона в питьевых водах некоторых населённых пунктов Прохладненского района Кабардино-Балкарской Республики (КБР), а также в поверхностных водах реки Малка. Методология включала отбор проб питьевой воды из централизованных систем водоснабжения населённых пунктов Прохладненского района. Для анализа водных образцов использовались твёрдофазная экстракция с последующей высокоэффективной жидкостной хроматографией с тандемой масс-спектрометрией (ВЭЖХ-МС/МС). Было выявлено содержание 17β-эстрадиол (E2) в поверхностных водах реки Малка Прохладненского района, концентрация которого варьировала от 1,1 до 3,2 нг/л. Максимальные концентрации зафиксированы в пробах поверхностных вод вблизи сельскохозяйственных территорий. Эстриол (E3) обнаружен также в пробах поверхностных вод в концентрациях от 1,2 до 2,3 нг/л. Содержание прогестерона изменялось в пределах от 2,5 до 3,4 нг/л. Сравнительный анализ показал, что в исследуемых поверхностных водах доминирующим гормональным загрязнителем является прогестерон. Проведённое исследование впервые даёт системную оценку присутствия 17β-эстрадиола (E2), эстриола (E3) и прогестерона в питьевых и поверхностных водах КБР. Несмотря на отсутствие прямого токсикологического риска для здоровья населения на текущем уровне, выявленная распространённость 17β-эстрадиола (E2), эстриола (E3) и прогестерона указывает на антропогенное влияние на водные ресурсы региона (сельское хозяйство, коммунальные стоки и т. д.). Таким образом, на основании проведённого анализа необходимо включение гормональных веществ в региональные программы мониторинга качества водных объектов и повышение эффективности работы очистных сооружений коммунальных и иных стоков.

**Ключевые слова:** Кавказ; Кабардино-Балкария; питьевая и поверхностная вода; гормоны; ВЭЖХ; 17β-эстрадиол (E2); эстриол (E3); прогестерон; эстрогенная активность

**Для цитирования:** Ламашвили Л. С., Агоева Э. А., Хаширова С. С., Снетков П. П., Агоев А. А., Морозкина С. Н., Агоев А. А., Виндижева А. С. Сравнительный анализ содержания гормональных продуктов в питьевых и поверхностных водах Кавказского региона. *Антибиотики и химиотерапия*. 2026; 71 (1–2): 35–41. doi: <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2026-71-1-2-35-41>. EDN: FAXYQD.

## Comparative Analysis of Hormonal Content in Drinking and Surface Waters of the Caucasus Region

✉ LYUDMILA S. LAMASHVILI<sup>1,2</sup>, ELEONORA A. AGOEVA<sup>1,2</sup>,  
SEDA S. KHASHIROVA<sup>1</sup>, PYOTR P. SNETKOV<sup>1</sup>, AMIRKHAN A. AGOEV<sup>3</sup>,  
SVETLANA N. MOROZKINA<sup>4</sup>, ANDEMIRKAN A. AGOEV<sup>5</sup>, AMINA S. VINDIZHEVA

<sup>1</sup> Kabardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekov, *Nalchik, Russian Federation*

<sup>2</sup> Kabardino-Balkarian State High-Altitude Nature Reserve, *Nalchik, Kashkhatau, Russian Federation*

<sup>3</sup> Chegem Branch of the Kabardino-Balkarian College «Stroitel», *Chegem, Russian Federation*

✉ Адрес для корреспонденции:  
E-mail: [luki-786.90@mail.ru](mailto:luki-786.90@mail.ru)



EDN: FAXYQD

✉ Correspondence to:  
E-mail: [luki-786.90@mail.ru](mailto:luki-786.90@mail.ru)



## Abstract

The introduction of biologically active compounds, particularly hormonal substances of natural and synthetic origin, into aquatic ecosystems poses a global environmental safety problem for the population. Steroid hormones — 17 $\beta$ -estradiol (E2), estriol (E3), and progesterone — have high estrogenic activity and are considered key endocrine disruptors. The aim of the study was a comparative assessment of the content of 17 $\beta$ -estradiol (E2), estriol (E3), and progesterone in drinking water of some settlements in the Prokhladnensky district of the Kabardino-Balkarian Republic (KBR), as well as in the surface waters of the Malka River. The methodology involved collecting drinking water samples from centralized water supply systems in populated areas of the Prokhladnensky District. Solid-phase extraction followed by high-performance liquid chromatography — tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS) was used to analyze the water samples. 17 $\beta$ -estradiol (E2) was detected in surface waters of the Malka River in the Prokhladnensky District, with concentrations ranging from 1.1 to 3.2 ng/L. The highest concentrations were recorded in surface water samples near agricultural areas. Estriol (E3) was similarly detected in surface water samples at concentrations ranging from 1.2 to 2.3 ng/L. Progesterone levels ranged from 2.5 to 3.4 ng/L. Comparative analysis revealed that progesterone was the dominant hormonal pollutant in the surface waters studied. This study provides the first systematic assessment of the presence of 17 $\beta$ -estradiol (E2), estriol (E3), and progesterone in drinking and surface waters of the Kabardino-Balkarian Republic. Despite the lack of a direct toxicological risk to public health at the current level, the detected prevalence of 17 $\beta$ -estradiol (E2), estriol (E3), and progesterone indicates anthropogenic impacts on the region's water resources (agriculture, municipal wastewater, etc.). Therefore, based on the conducted analysis, it is necessary to include hormonal substances in the regional programs for monitoring the quality of water bodies, as well as to improve the efficiency of treatment facilities for municipal and other wastewater.

**Keywords:** *Caucasus; Kabardino-Balkaria; drinking and surface water; hormones; HPLC; 17 $\beta$ -estradiol (E2); estriol (E3); progesterone; estrogenic activity*

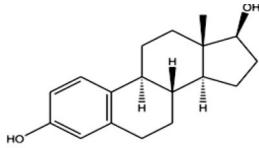
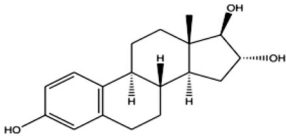
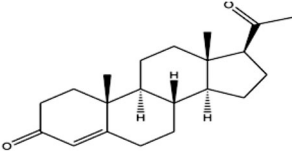
**For citation:** *Lamashvili LS, Agoeva EA, Khashirova SS, Snetkov PP, Agoev AmA, Morozkina SN, Agoev AnA, Vindizheva AS. Comparative analysis of hormonal content in drinking and surface waters of the Caucasus region. Antibiotiki i Khimioter = Antibiotics and Chemotherapy. 2026; 71 (1–2): 35–41. (in Russ.). doi: <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2025-71-1-2-35-41>. EDN: FAXYQD.*

## Введение

Проблема загрязнения окружающей среды гормональными веществами, нарушающими работу эндокринной системы, признана в XXI в. одной из значимых для здравоохранения [1]. К гормональным веществам относятся эстрогены, прогестагены, глюкокортикоиды (кортизол) и андрогены [2]. Среди них стероидные эстрогены обладают высокой биологической активностью даже в следовых концентрациях (нано- и пикограммы на литр) [3], что обусловлено их структурой. Так, общей структурой стероидов является три шести-

угольных кольца (A, B и C) и одно пятиугольное (D), одно из которых обычно представляет собой фенольное кольцо, такое как в эстрогенах [4]. Андрогены и прогестероны являются менее активными, чем эстрогены, так как данная группа стероидов не содержит фенольной группы (рис. 1).

Эстрогены — 18-углеродные стероиды, в состав которых входят 17 $\beta$ -эстрадиол (E2), эстрон (E1), эстриол (E3) и эстетрол (E4). Наиболее биологически активным из них является 17 $\beta$ -эстрадиол (E2), в основном секретлируемый яичниками и имеющий на каждом конце своей структуры по

Гормон	Структурная формула	Молекулярная масса, г/моль / Растворимость в воде, мг/л
17 $\beta$ -эстрадиол (E2)		272,39 / 3,90
Эстриол (E3)		288,39 / 27,34
Прогестерон		314,47 / 8,81

**Рис. 1.** Структура и физико-химические свойства гормональных веществ [5].

**Fig. 1.** Structure, as well as physical and chemical profile of hormonal substances [5].

две ОН-группы. Эстриол (Е3) — основной эстроген, продуцируемый плацентой во время беременности, биоактивность которого в 80 раз ниже  $17\beta$ -эстрадиола (Е2). Кроме того, эстриол (Е3) образуется в печени в результате метаболизма  $17\beta$ -эстрадиола (Е2) и эстрона (Е1).

Повышенная концентрация  $17\beta$ -эстрадиола (Е2) в окружающей среде обусловлена механизмом, связанным с метаболизмом эстрогенов в организме, реакции которых являются частично обратимыми. Так, эстрон (Е1) и эстрон-сульфат являются одновременно и метаболитами, и предшественниками  $17\beta$ -эстрадиола (Е2); высокие концентрации циркулирующих в крови эстрона и эстрон-сульфата служат также резервом для образования более активного  $17\beta$ -эстрадиола (Е2), который выделяется из организма главным образом с мочой (90–95%) или с калом (5–10%) в виде биологически неактивных глюкуронидов и эстрона (Е1)

Прогестерон — 21-углеродный стероидный гормон, представляющий собой основной секреторный стероид жёлтого тела. Прогестерон обеспечивает запуск секреторных изменений эндометрия матки под воздействием эстрогенов, для дальнейшей подготовки к имплантации оплодотворённой яйцеклетки и на протяжении всей беременности, его максимальные значения достигают 200 нг/мл [5, 6].

Наиболее токсичным и канцерогенным эстрогеном является  $17\beta$ -эстрадиол (Е2), тогда как эстриол (Е3), хотя и обладает меньшей активностью, присутствует в окружающей среде иногда в более высоких концентрациях, особенно из-за его массового поступления со сточными водами [7].

Основными источниками попадания гормональных веществ в водные объекты являются сбросы недостаточно очищенных коммунально-бытовых сточных вод, поверхностные стоки с животноводческих комплексов и полей, где применяются органические удобрения, а также использование септиков в местах с отсутствием централизованной системы канализации. При этом необходимо отметить, что после приёма человеком и животными фармацевтических гормональных препаратов, их значительная часть и метаболиты, образующиеся в результате биологического синтеза, выводятся из организма в конъюгированной и неконъюгированной форме [8].

Территория Кабардино-Балкарской Республики (КБР) обладает развитым туристско-рекреационным потенциалом, сельским хозяйством, а также разнообразием источников водоснабжения, среди которых выделяются ледниковые, поверхностные и подземные воды. Согласно многочисленным ранее проведённым исследованиям, по оценке санитарно-токсикологического состояния водных ресурсов КБР, качественный состав

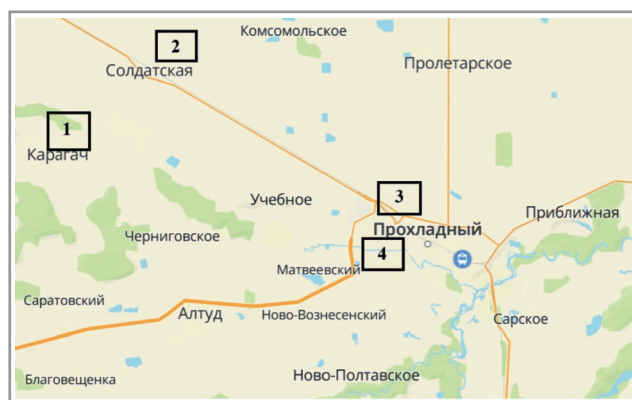
поверхностных вод меняется от перехода с высокогорной геоморфологической зоны к равнинной ввиду того, что происходит усиление природного, антропогенного факторов воздействия, а также увеличение общей численности проживающего населения [9–12]. При этом данные о наличии в них микрополлютантов гормонального происхождения, отсутствуют. В связи с этим представленные результаты исследований являются актуальными и впервые проведёнными.

Существующие на очистных сооружениях КБР технологии по очистке коммунально-бытовых стоков не рассчитаны на эффективное удаление микрополлютантов на уровне нг/л, в результате чего они мигрируют в поверхностные и подземные воды, в условиях использования речной воды для целей питьевого водоснабжения — потенциально и в системы водоподготовки [8]. Таким образом для водохозяйственной сферы КБР, где водные ресурсы имеют основополагающее народно-хозяйственное и рекреационное значение, а система мониторинга качества вод не адаптирована к контролю подобных микрополлютантов, проблема содержания гормональных веществ является новой и актуальной.

*Цель исследований* — сравнительный анализ содержания и пространственного распределения  $17\beta$ -эстрадиола (Е2), эстриола (Е3) и прогестерона в питьевой и поверхностной воде КБР.

## Материал и методы

Объектом исследования стал Прохладненский район, в котором отбор проб питьевых вод осуществлялся в следующих населённых пунктах: г. о. Прохладный, с.п. Прималкинское, с. Карагач и ст. Солдатская. Тогда как отбор проб поверхностных вод из реки Малка проводился в пунктах отбора максимально приближённых к выше указанным населённым пунктам (рис. 2).



**Рис. 2. Карта-схема пунктов отбора проб.**  
**Fig. 2. Map of sampling points.**

Ёмкости для отбора проб воды, объёмом 1,5 л, предварительно обрабатывались метанолом и дистиллированной водой, в которые были добавлены для дехлорирования и предотвращения микробной деградации тиосульфат натрия и натриевая соль 2-меркаптопиридин-1-оксид соответственно. Дехлорирование образцов поверхностных вод не проводилось.

**Концентрации гормональных веществ в питьевых и поверхностных водах**  
**Concentrations of hormonal substances in drinking and surface waters**

Пункт отбора	Название / численность населения, тыс. / геолокация	Содержание, нг/л		
		17β-эстрадиол (E2)	Эстриол (E3)	Прогестерон
1	Село Карагач / 6638 / 280 м н. у. м., 43°8045 с. ш., 43°7741 в. д.	(<1,0)/1,2	(<1,0)/1,1	(<1,0)/2,5
2	Станица Солдатская / 5457 / 272 м н. у. м., 43°8119 с. ш., 43°8244 в. д.	(<1,0)/1,7	(<1,0)/1,5	(<1,0)/2,8
3	Городской округ Прохладный / 60009 / 215 м н. у. м., 43°4500 с. ш., 44°0259 в. д.,	(<1,0)/3,2	(<1,0)/2,0	(<1,0)/3,0
4	Сельское поселение Прималкинское / 8047 / 209 м. н. у. м.; 43°7300 с. ш., 43°9822 в. д.	(<1,0)/1,9	(<1,0)/1,7	(<1,0)/3,4

**Примечание.** < — ниже предела обнаружения метода; в числителе указано значение для питьевых вод, а в знаменателе — для поверхностных.

**Note.** < — below the detection limit of the method; the numerator indicates the value for drinking water, and the denominator indicates the value for surface water.

Доставка водных образцов в лабораторию осуществлялась с помощью контейнера с охлаждающими кассетами при температуре равной 10°C. Хранение образцов в условиях лаборатории осуществлялось при температуре 6°C и ниже, но образцы не замораживались.

Проводимые нами исследования водных образцов осуществлялись с использованием следующей нормативно-технической базы:

- отбор, предварительная обработка, хранение водных образцов проводили согласно ГОСТ Р 59024-2020 и EPA 539-2010 [13, 14];

- для концентрирования водных образцов использовали водяную баню LOIP LB-160;

- для удаления пузырьков воздуха из готовых стандартных образцов и проб использовали ультразвуковую ванну Stegler 3DT (3 л, 20–80°C, 120W);

- для этапа пробоподготовки водных образцов использовали патроны для твёрдофазной экстракции с сорбентом октадецил C18, диаметром 47 мм;

- количественное определение 17β-эстрадиола (E2), эстриола (E3) и прогестерона проводили согласно методу EPA 539-2010 на приборе ВЭЖХ HELICON 1800 HPLC;

- система ВЭЖХ HELICON 1800 HPLC состояла из автоматического пробоотборника Agilent G1316A; колонковой печи G1316A; градиентного насоса HELICON® 1800 QLPC, 1,001–10 мл/мин, 10000 пси; термостата колонок HELICON® 1800 CO, 5–80°C / Column Oven; ВЭЖХ колонки Arcus-C-18, 5 мкм, 4,6×150 мм / Arcus C18, 5 μm, 120 Å, 4,6×150 мм; УФ/Вид детектор HELICON® 1800 UVD 190–800 нм;

- для сбора и обработки хроматографических данных использовалась программа EXClarity GLP/21CFR, HPLC controlled.

Экспериментальные исследования на приборе ВЭЖХ HELICON 1800 HPLC, а также этапы пробоподготовки проводили с использованием следующих реактивов: стандартные образцы 17β-эстрадиола (E2), эстриола (E3) и прогестерона (≥98,0%) — «Маклин ООО», (г. Шанхай, Китай); ацетонитрил (99,9%) для ВЭЖХ — «ООО Криохим» (Россия); метанол (≥99,8%) — «ООО Акватрия» (Россия); гидроксид аммония (25%) — «Alpha Chemika» (Индия); тиосульфат натрия — «ООО Гранхим» (Россия); натриевая соль 2-меркаптопиридин-1-оксида — «Маклин ООО», (г. Шанхай, Китай).

## Результаты и обсуждение

Ввиду того, что нижний предел обнаружения 17β-эстрадиола (E2), эстриола (E3) и прогестерона вышеуказанным методом определения [14] составил 1,0 нг/л, в питьевых водах исследуемых населённых пунктов они не были выявлены (таблица,

рис. 3). Это свидетельствует либо об отсутствии гормональных веществ в исследуемых водах, либо об эффективности традиционных этапов водоподготовки (коагуляция, отстаивание, хлорирование) в снижении уровня данных микрозагрязнителей до недетектируемых величин.

Однако в ходе анализа однократно были определены следовые количества 17β-эстрадиола (E2) в интервале от 0,5 нг/л до 0,8 нг/л, что указывает на неполную эффективность барьерной роли очистных сооружений в отношении полярных органических соединений [15]. Более высокая частота встречаемости и концентрации 17β-эстрадиола (E2) в пробах, ассоциированных с системами централизованного водоснабжения, позволят в будущем рассматривать его в качестве потенциального индикаторного соединения для оценки эффективности работы очистных сооружений и необходимости их модернизации.

Проведение дальнейших исследований позволило нам выявить концентрации исследуемых гормональных веществ в поверхностных водах реки Малка, точки отбора которых находились вблизи исследуемых населённых пунктов.

Согласно проведённым расчётам, общая численность населения КБР по данным на 01.01.2025г. составила 908 214 тыс. человек [16, 17], а в исследуемых населённых пунктах Прохладненского района — 80 151 тыс., что составляет 8,8% от общей численности по КБР.

Распределение исследуемых населённых пунктов по численности проживающего в них населения выглядит следующим образом:

**г. Прохладный > с. п. Прималкинское > с. Карагач > ст. Солдатская**

На основании проведённых анализов выявлена прямая корреляционная взаимосвязь содержания исследуемых гормональных веществ в водах реки Малка с численностью населения. Так, распределение суммарной гормональной нагрузки по населённым пунктам выглядит следующим образом:

**г. о. Прохладный > с. п. Прималкинское > ст. Солдатская > с. Карагач.**

Распределение исследуемых населённых пунктов по площади занимаемых земель выглядит следующим образом:

**ст. Солдатская > с. Карагач >**

**с. п. Прималкинское > г. Прохладный.**

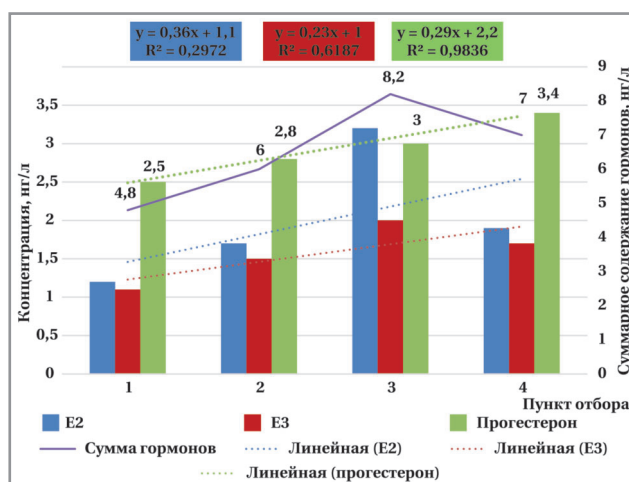
На основании вышеуказанного распределения, корреляционной зависимости в содержании гормональных веществ и площади занимаемых земель, выявлено не было. Однако умеренная корреляция между содержанием гормональных веществ и площадью сельскохозяйственных угодий подтверждает значительный вклад аграрного сектора. Этот вклад может реализовываться от использование органических удобрений (навоз), содержащих естественные гормоны животных, а также от применение ветеринарных препаратов [8].

В ходе исследований выявлена динамика изменения исследуемых гормональных веществ в сторону увеличения по мере изменения высоты над уровнем моря: для эстриола (Е3) — в 1,5 раза и прогестерона — в 3,4 раза, что и подтверждают положительные значения уравнений регрессии. Данная пространственная зависимость для 17β-эстрадиола (Е2) не определена ввиду того, что максимальная концентрация его была обнаружена в г. о. Прохладный на уровне 3,2 нг/л и может быть связана с аккумулятивным действием, совокупным влиянием сбросов городских очистных сооружений, эффективность которых ограничена, а также возможными поступлениями от объектов здравоохранения.

Согласно проведённым исследованиям, 17β-эстрадиол (Е2) был обнаружен во всех пробах поверхностных вод в диапазоне концентраций от 1,2 нг/л (с. Карагач) до 3,2 нг/л (в г. о. Прохладный). Эстриол (Е3) также был выявлен во всех исследованных пунктах в концентрациях от 1,1 нг/л (с. Карагач) до 1,7 нг/л (с.п. Прималкинское). Содержание прогестерона варьировало в концентрациях от 2,5 нг/л (с. Карагач) до 3,4 нг/л (с. п. Прималкинское).

Выявленные концентрации гормональных веществ представляют собой потенциальный экологический риск для водной экосистемы реки Малка и всей водохозяйственной сферы нижележащих районов Кабардино-Балкарии и прилегающих республик ввиду того, что даже нанограммовые концентрации эстрогенов способны вызывать нарушения эндокринной системы у человека и гидробионтов [18–21].

Полученные нами результаты согласуются с данными международных исследований, подтверждающими повсеместное присутствие стероидных эстрогенов в нанограммовых концентрациях в поверхностных водах регионов с интенсивной антропогенной нагрузкой и находятся в том же



**Рис. 3. Концентрация гормональных веществ в водах реки Малка.**

**Fig. 3. Concentration of hormonal substances in the waters of the Malka River.**

порядке величин, что и в водных объектах Европы, Северной Америки и Азии, для которых характерны источники загрязнения, аналогичные и для КБР: сброс недостаточно очищенных коммунально-бытовых стоков и поверхностный сток с сельскохозяйственных территорий [3, 7, 15].

**Заключение**

На основании проведённого исследования рекомендуется проведение долгосрочного мониторинга стероидных гормонов в водных источниках КБР, а также исследование эффективности современных методов доочистки (озонирование, адсорбция на активированном угле, мембранные технологии) на действующих водоочистных сооружениях.

Необходимо отметить также, что хотя контроль за содержанием гормональных веществ в питьевых водах РФ формально был установлен, однако конкретные числовые значения предельно допустимых концентраций не были утверждены, также как и методы их определения. Таким образом, практическая реализация контроля гормональных веществ в водных средах осложняется техническими и методическими трудностями.

**Дополнительная информация**

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, мнемокод FZZR-2026-0010. Исследование выполнено при финансовой поддержке внутреннего гранта ФГБОУ ВО КБГУ, им. Х. М. Бербекова (Договор № 35).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература/References

1. State of the science of endocrine disrupting chemicals <https://tdr.who.int/publications/i/item/state-of-the-science-of-endocrine-disrupting-chemicals>
2. Hammond GL, Lähteenmäki PL, Lähteenmäki P, Luukkainen T. Distribution and percentages of non-protein bound contraceptive steroids in human serum. *J Steroid Biochem.* 1982; 17 (4): 375–380. doi: 10.1016/0022-4731(82)90629-x.
3. Liu ZH, Kanjo Y, Mizutani S. Removal mechanisms for endocrine disrupting compounds (EDCs) in wastewater treatment — physical means, biodegradation, and chemical advanced oxidation: a review. *Scie Total Environ.* 2009; 407 (2): 731–748. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.08.039.
4. Розен В.Б., Смирнов А.Н. Рецепторы и стероидные гормоны. М.: Изд-во МГУ. 1981; 312. [Rozen VB, Smirnov AN. Receptory i steroidnye hormony: Moscow: MGU. 1981; 312. (in Russ.)].
5. Stumpf PG. Pharmacokinetics of oestrogen. *J Obstet Gynecol.* 1990; 75 (4 Suppl): 95–145. doi: 10.1016/0020-7292(90)90536-t.
6. Краснополский В.И. Фармакологические и клинические аспекты менопаузальной гормонотерапии. Информационно-образовательное руководство. «Московский областной научно-исследовательский институт акушерства и гинекологии». М.: 2016; 52. [Krasnopolskij VI. Farmakologicheskie i klinicheskie aspekty menopauzalnoj gormonoterapii. Informatsionno-obrazovatelnoe rukovodstvo. «Moskovskij oblastnoj nauchno-issledovatel'skij institut akusherstva i ginekologii». Moscow: 2016; 52. (in Russ.)].
7. Johnson AC, Sumpter JP, Johnson AC, Sumpter JP. Improving the quality of wastewater treatment plant effluent by removing estrogenic activity. Improving the quality of wastewater treatment plant effluent by removing estrogenic activity. *Environ Sci Technol.* 2016; 50 (17): 8985–8989.
8. Combalbert S, Hernandez-Raquet G. Occurrence, fate, and biodegradation of estrogens in sewage and manure. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2010; 86(6): 1671–1692. doi: 10.1007/s00253-010-2547-x.
9. Агоева Э.А., Ламашвили Л.С., Малкандуев Ю.А. Эссенциальный элемент кремний в водах Северного Кавказа. Антибиотики и химиотер. 2025; 70 (11–12): 18–23. [Agoeva EA, Lamashvili LS, Malkanduev YuA. Essential element silicon in the waters of the north caucasus. *Antibiotiki i Khimioter = Antibiotics and Chemotherapy.* 2025; 70 (11–12): 18–23. (in Russ.)]. EDN: KBGUYR. doi: <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2025-70-11-12-18-23>.
10. Агоева Э.А., Ламашвили Л.С., Хаширова С.С., Хаширова С.Ю., Снетков П.П. Эстрогены как загрязнители водных сред — реалии XXI века. Обзор: Вестник Удмуртского университета. Серия биология. Науки о земле. 2025; 35 (4): 492–506. [Agoeva EA, Lamashvili LS, Khashirova SS, Khashirova SYu, Snetkov PP. Estrogeny kak zagryaznители vodnykh sred — realii XXI veka. *Obzor: Vestnik Udmurtskogo Universiteta. Seriya biologiya. Nauki o zemle.* 2025; 35 (4): 492–506. (in Russ.)] doi: <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2025-35-4-492-506>.
11. Хаширова С.С., Хаширова С.Ю., Ламашвили Л.С., Агоева Э.А., Снетков П.П. Пищевые источники гормонов и их воздействие на физиологическое состояние человека: аналитический обзор. Антибиотики и химиотер. 2025; 70 (11–12): 92–99. [Khashirova SS, Lamashvili LS, Agoeva EA, Snetkov PP, Khashirova SYu. Dietary sources of hormones and their impact on human physiological state: an analytical review. *Antibiotiki i Khimioter = Antibiotics and Chemotherapy.* 2025; 70 (11–12): 92–99. (in Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2025-70-11-12-92-99>. EDN: QUMUEK
12. Газаев Х.-М.М., Иттиев А.Б., Агоева Э.А., Кумыков Р.М. Изменение удельного комбинаторного индекса загрязнённости водных объектов бассейна р. Терек. Вестник Забайкальского государственного университета. 2018; 24 (7): 18–32. [Gazaev KH-MM, Itiev AB, Agoeva EA, Kumykov RM. Izmenenie udel'nogo kombinatornogo indeksa zagryaznenosti vodnykh obektov bassejna r. Terек. *Vestnik Zabajkalskogo Gosudarstvennogo Universiteta.* 2018; 24 (7): 18–32. (in Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2018-24-7-18-32>.
13. ГОСТ Р 59024-2020. Вода. Общие требования к отбору проб. [GOST R 59024-2020. Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob. (in Russ.)].
14. EPA Method 539: Determination of Hormones in Drinking Water by Solid Phase Extraction (SPE) and Liquid Chromatography/ Tandem Mass Spectrometry (LC/MS/MS). 2010.
15. Adeel M, Song X, Wang Y, Francis D, Yang Y. Environmental impact of estrogens on human, animal and plant life: a critical review. *Environ Int.* 2017; 99: 107–119. doi: 10.1016/j.envint.2016.12.010.
16. <https://07.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/harakteristika-subekta>
17. <https://www.mid.ru/ru/maps/ru/ru-kb/1783956/#sel=27:1:D,27:1:D;27:29:xi,27:30:ix>
18. Kasprzyk-Hordern B, Dinsdale RM, Guwy AJ. The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters. *Water Res.* 2009; 43 (2): 363–380. doi: 10.1016/j.watres.2008.10.047.
19. Ren C, Tan X, Huang C, Zhao H, Lan W. Sources, pollution characteristics, and ecological risk assessment of steroids in Beihai Bay, Guangxi. *Water.* 2022; 14: 1–13. doi: <https://doi.org/10.3390/w14091399>.
20. Rezka P, Balcerzak W, Kryłow M. Occurrence of synthetic and natural estrogenic hormones in the aquatic environment. *Tech Trans Environ Eng.* 2015; 3: 47–54. doi: <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.15.359.4824>.
21. Bozyigit GD, Ayyildiz MF, Chormey DS, Turan NB, Kapukiran F, Engin GO, Bakirdere S. Removal of selected pesticides, alkylphenols, hormones and bisphenol A from domestic wastewater by electrooxidation process. *Water Sci Technol.* 2022; 85 (1): 220–228. doi: 10.2166/wst.2021.635.

Поступила / Received 11.01.2026  
Принята в печать / Accepted 21.01.2026

## Информация об авторах

Ламашвили Людмила Сайрамбаевна — научный сотрудник, заведующая научно-исследовательской лабораторией экологического контроля ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный университет, им. Х. М. Бербекова, Нальчик; ФГБУ Кабардино-Балкарский государственный высокогорный заповедник, п. Кашхатау, Российская Федерация. ORCID ID: 0000-0001-5898-2412

Агоева Элеонора Анатольевна — старший научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория экологического контроля ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный университет, им. Х. М. Бербекова, Нальчик; ФГБУ Кабардино-Балкарский государственный высокогорный заповедник, п. Кашхатау, Российская Федерация. ORCID ID: 0009-0000-3832-034X

Седа Сайтудиновна Хаширова — м. н. с., научно-исследовательская лаборатория экологического контроля ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный университет, им. Х. М. Бербекова, Нальчик, Российская Федерация. ORCID ID: 0000-0001-7975-8989

Пётр Петрович Снетков — к. м. н., ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный университет, им. Х. М. Бербекова, Нальчик, Российская Федерация. ORCID ID: 0000-0001-9949-5709

## About the authors

Lyudmila S. Lamashvili — Researcher, Head of Department of the Scientific Research Laboratory of Environmental Control, Kabardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekov, Nalchik; Kabardino-Balkarian State High-Altitude Nature Reserve, Kashkhatau settlement, Russian Federation. ORCID ID: 0000-0001-5898-2412

Eleonora A. Agoeva — Senior Researcher, Scientific Research Laboratory of Environmental Control, Kabardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekov, Nalchik; Kabardino-Balkarian State High-Altitude Nature Reserve, Kashkhatau settlement, Russian Federation. ORCID ID: 0009-0000-3832-034X

Seda S. Khashirova — Junior Researcher, Scientific Research Laboratory of Environmental Control, Kabardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekov, Nalchik, Russian Federation. ORCID ID: 0000-0001-7975-8989

Pyotr P. Snetkov — Ph. D. in Medicine, Kabardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekov, Nalchik, Russian Federation. ORCID ID: 0000-0001-9949-5709

*Амирхан Адмирович Агоев* — студент 2-го курса, Чегемский филиал государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения «Кабардино-Балкарский колледж «Строитель», Чегем, Российская Федерация

*Морозкина Светлана Николаевна* — к. х. н., ведущий научный сотрудник лаборатории системы доставки лекарственных препаратов ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация. ORCID ID: 000-0003-0122-0251. SPIN-код: 3215-0328

*Агоев Андемиркан Адмирович* — студент 4-го курса ФГБОУ ВО «Колледж информационных технологий и экономики», Нальчик, Российская Федерация

*Виндижева Амина Суадиновна* — к. т. н., старший научный сотрудник Центра прогрессивных материалов и аддитивных технологий ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский Государственный университет, им. Х. М. Бербекова, Нальчик, Российская Федерация. ORCID ID: 0000-0002-4050-8947

*Amirkhan A. Agoev* — second-year student, Chegem Branch of the Kabardino-Balkarian College «Stroitel», Chegem, Russian Federation

*Svetlana N. Morozkina* — Ph. D. in Chemistry, Leading Researcher, Laboratory of Drug Delivery Systems, Saint Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russian Federation. ORCID ID: 000-0003-0122-0251. SPIN: 3215-0328

*Andemirkan A. Agoev* — fourth-year student, College of Information Technology and Economics, Nalchik, Russian Federation

*Amina S. Vindizheva* — Ph. D. in Technical Sciences, Senior Researcher at the Center for Advanced Materials and Additive Technologies Kabardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekov, Nalchik, Russian Federation. ORCID ID: 0000-0002-4050-8947