

УДК 556.04

DOI 10.17513/use.38159

## ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЬГИНСКОГО УГОЛЬНОГО КОМПЛЕКСА (2012–2019 ГГ.)

Ноговицын Д.Д., Никулин К.В., Сергеева Л.П., Пинигин Д.Д.

*Институт физико-технических проблем Севера имени В.П. Ларионова Сибирского отделения  
Российской академии наук, Якутск, e-mail: dmitry-nogovitzyn@yandex.ru*

В статье рассматривается потенциальное воздействие строительства и эксплуатации Эльгинского угольного комплекса (ЭУК) на гидрохимическое состояние поверхностных вод региона. Открытая разработка Эльгинского угольного месторождения в ходе развития ЭУК производится на водоразделе р. Мулам и Алгома, входящих в гидрографическую сеть р. Учур. В ходе полевых работ 2012–2019 гг. отбор проб воды для анализа выполнен в двух районах: на правых притоках р. Алгома и на оз. Большое Токо. По данным анализа отобранных проб выявлен новый гидрохимический состав водных объектов на основе общепринятых в РФ методик. Во всех пробах превышены предельно допустимые концентрации для водоемов рыбохозяйственного значения (ПДК<sub>рх</sub>), кроме оз. Большое Токо. Выявленные изменения носят предположительно сезонный характер. Сток на притоках Алгомы и Мулам в зимний период полностью прекращается или уменьшается до исчезающе малых величин. Для выявления закономерностей формирования качественного состояния водных объектов в зоне воздействия открытой добычи угля в условиях многолетнемерзлых пород необходимы дальнейшие систематические наблюдения в период после достижения проектной плановой добычи высококачественного угля, ориентированного для экспорта.

**Ключевые слова:** Эльгинское угольное месторождение, поверхностные воды, химический анализ

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FWRС-2021-0014.*

## CHANGES IN THE HYDROCHEMICAL STATE OF SURFACE WATERS IN THE AREA AFFECTED BY THE ELGA COAL COMPLEX (2012–2019)

Nogovitsyn D.D., Nikulin K.V., Sergeeva L.P., Pinigin D.D.

*Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North, Siberian Branch  
of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: dmitry-nogovitzyn@yandex.ru*

The article examines the influence of the Elga Coal Complex (ECC) on the hydrochemical state of surface waters. Open-pit mining of the Elga coal deposit takes place on the watershed of the Mulam and Algoma rivers, which are part of the hydrographic network of the Uchur river. During field work in 2012–2019, water samples for analysis were taken in two areas: on the right tributaries of the Algoma river and Bolshoye Toko Lake. Based on the analysis of selected samples, a new hydrochemical composition of water bodies was identified based on generally accepted methods in the Russian Federation. All samples had exceeded the maximum permissible concentrations for water bodies of fishery importance (MPC<sub>f</sub>), except for Lake Bolshoye Toko. The identified changes are presumably seasonal. In winter the flow on the tributaries of the Algoma and Mulam completely stops or decreases to vanishingly small values. To identify patterns in the formation of the qualitative state of water bodies in the zone affected by open-pit coal mining in permafrost conditions, further systematic observations are required until the planned production of high-quality coal oriented for export is achieved.

**Keywords:** Elga coal deposit, surface waters, chemical analysis

*The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. FWRС-2021-0014.*

Эльгинское угольное месторождение – одно из крупнейших месторождений коксующегося угля в мире – расположено в юго-восточной части РС(Я), на территории Нерюнгринского района. Разработка месторождения началась в 2008 г., а в августе 2011 г. добыт первый уголь. На Эльгинском месторождении применяют различные методы обогащения коксующегося угля, который отличается высоким содержанием летучих веществ, высокой текучестью,

низким содержанием серы, азота, фосфора и высокой теплотворной способностью [1].

Разработка месторождения неизбежно приводит к изменению природной среды, экологическим и социально-экономическим последствиям. В результате целостности природной среды, тесной взаимосвязанности ландшафтов и их компонентов любое антропогенное вмешательство в природные процессы сопровождается цепными реакциями [2].

Основное воздействие приходится непосредственно на водную среду, которая наряду с воздушной средой является наиболее мобильным компонентом геосистем [2]. Водные объекты в зоне Эльгинского угольного месторождения изучены неравномерно. Гидрохимический режим водных объектов рассматриваемой территории характеризуется слабой изученностью из-за большой удаленности от обжитых районов республики (от Нерюнгри 415 км) (рис. 1) [3].

В связи с этим сравнение результатов химического анализа проб воды водных объектов, примыкающих к Эльгинскому угольному месторождению, отобранных в летне-осеннюю межень разных лет, должно указывать на изменение интенсивности техногенеза на данной территории.

Цель работы – оценка изменения гидрохимического состояния поверхностных водных объектов вблизи Эльгинского угольного комплекса.

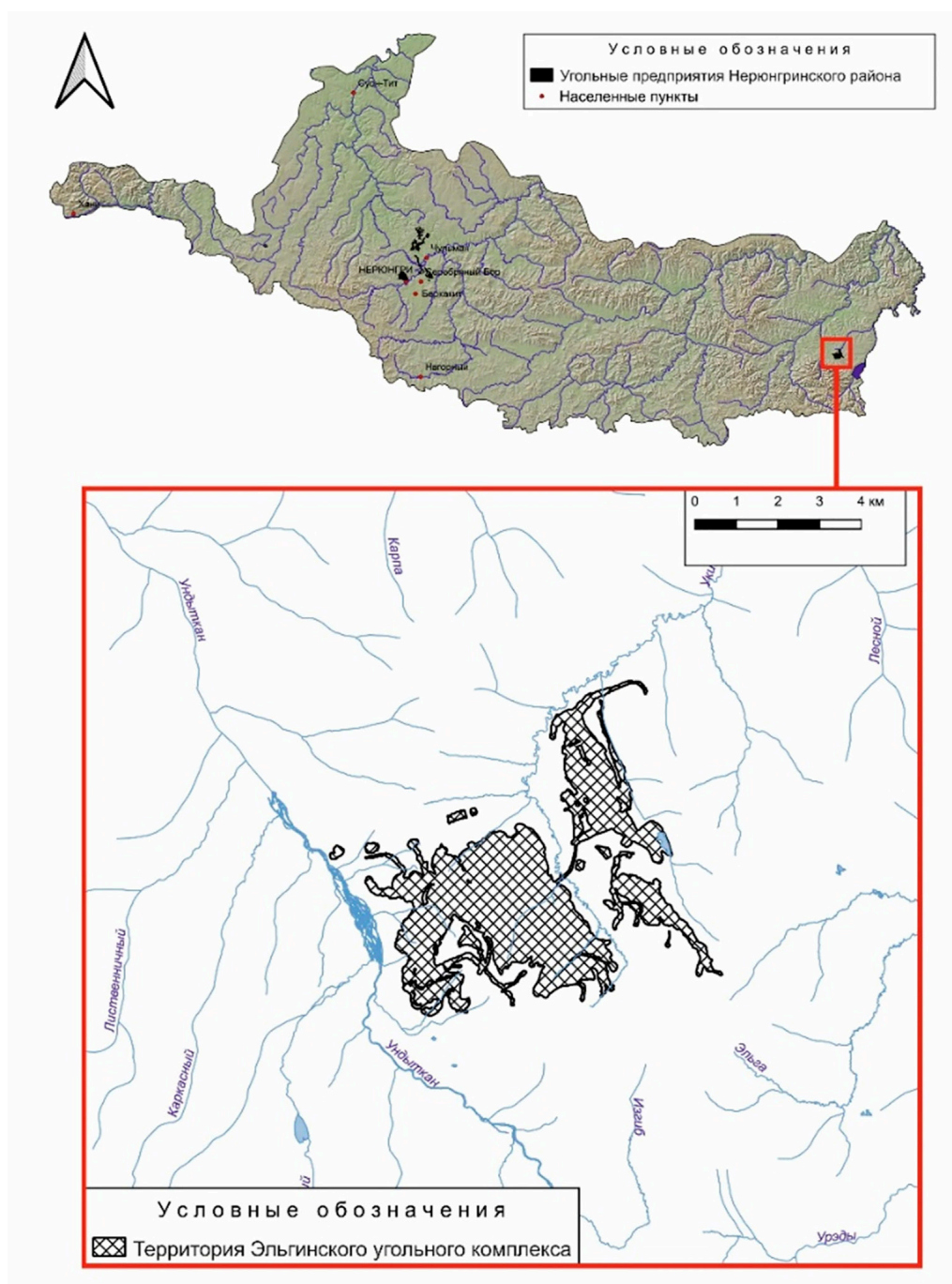


Рис. 1. Расположение исследуемой территории в Нерюнгринском районе РС (Я)

### Материалы и методы исследования

Базовыми материалами послужили результаты экспедиционных и стационарных исследований водных объектов на территории Эльгинского угольного месторождения по общепринятым в гидрохимии методикам [4, 5]. Отбор проб воды производился согласно ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Донные отложения отбирались по ГОСТ 17.1.05-85 [6]. В пробах определялись физико-химические показатели, содержание биогенных элементов и органических веществ. Также производился контроль по превышению предельно допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного значения (ПДК<sub>рх</sub>).

В гидрологическом отношении район расположения Эльгинского угольного месторождения принадлежит к бассейну р. Алдан. Все имеющиеся гидрологические посты в бассейне Алдана расположены, как правило, далеко от исследуемой территории и на крупных реках, поэтому не могут быть использованы в качестве аналогов гидроло-

гического режима малых водотоков рассматриваемого участка.

Водотоки исследуемого района маловодные, в теплый сезон сильно мелеют. Реки извилисты, с малыми уклонами. Долины водотоков слабо разработанные, асимметричные, неясно выраженные. Поверхностные водные объекты на рассматриваемой территории не используются в качестве источников водоснабжения, поэтому опробование и оценка качества производится для воды, не используемой для водоснабжения, но являющейся компонентом окружающей среды, подверженным загрязнению, а также агентом переноса и распространения загрязнения.

### Результаты исследования и их обсуждение

В ходе наземных обследований в летне-осенний меженный период 2012 и 2019 гг. был произведен отбор проб природных вод в зоне влияния Эльгинского угольного комплекса. Водные объекты, на которых был произведен отбор проб воды, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Точки отбора проб воды (2012 и 2019 гг.)

Бассейн	Период	
	Август 2012	Август 2019
р. Алгома	р. Алгома, Ундытын, Ундыткан	р. Ундыткан
р. Мулам	р. Утук, Мулам, Укикит, Эльга, оз. Бол. Токо	р. Утук, Мулам, Укикит, Укикиткан, Урэды, оз. Бол. Токо

Таблица 2

Нормированные показатели КХА проб воды зоны воздействия ЭУК (2012 и 2019 гг.)

Группа показателей	Показатель	Год (месяц)	
		2012 (август)	2019 (август)
Физические свойства	Взвешенные вещества	+	+
	Прозрачность, рН, жесткость	+	–
Солевой состав	Сухой остаток, хлориды, сульфаты, кальций, магний, натрий, калий	+	+
	Гидрокарбонаты	+	–
Биогенный состав	Аммония-ион, нитрит-ион, нитрат-ион, фосфаты, железо	+	+
Загрязняющие вещества органического происхождения	ХПК, фенолы, нефтепродукты	+	+
	АПАВ	+	–
Тяжелые металлы	Медь, цинк, фторид, марганец, свинец, барий, литий	+	+
	Никель, хром, кобальт, мышьяк, кадмий, ванадий, висмут, алюминий, таллий	–	+

В ходе количественного химического анализа отобранных проб были определены показатели воды по группам: физические свойства, солевой состав, биогенный состав, загрязняющие вещества органического происхождения и тяжелые металлы. В табл. 2 показаны нормированные показатели воды 2012 и 2019 гг. и их ПДК<sub>рх</sub> согласно [7].

На основе результатов количественного химического анализа проб воды за 2012 и 2019 гг., а также рассмотрения превышений ПДК<sub>рх</sub> дана оценка гидрохимического состояния воды исследуемых водных объектов в зоне влияния Эльгинского угольного комплекса (ЭУК).

**Физические свойства.** Единственный показатель физических свойств, по которому имеется возможность сравнить пробы двух лет – *концентрация взвешенных веществ* –

позволяет утверждать о приросте данного показателя в 2019 г. на таких реках, как Укикит и Ундыткан. Установлено предположительное негативное воздействие эксплуатации ЭУК на поверхностные воды, так как данные водотоки на современном этапе являются наиболее уязвимыми к техногенному прессингу ввиду географической близости к зоне ведения работ, например к участку «Западный» Эльгинского угольного месторождения.

**Солевой состав.** При сравнении *сухого остатка* в пробах, отобранных в разные годы, выявлен значительный прирост концентраций без превышения ПДК<sub>рх</sub> на р. Ундыткан (в 1,4 раза) и р. Укикит (в 2,6 раз), в то время как на р. Мулам, Утук и оз. Бол. Токо в 2019 г. наблюдается понижение по данному показателю (рис. 2).

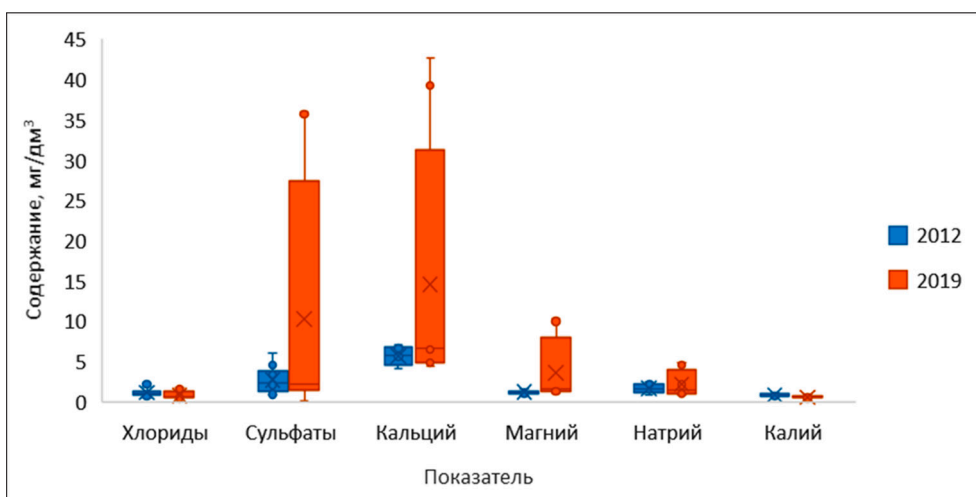


Рис. 2. Солевой состав проб воды

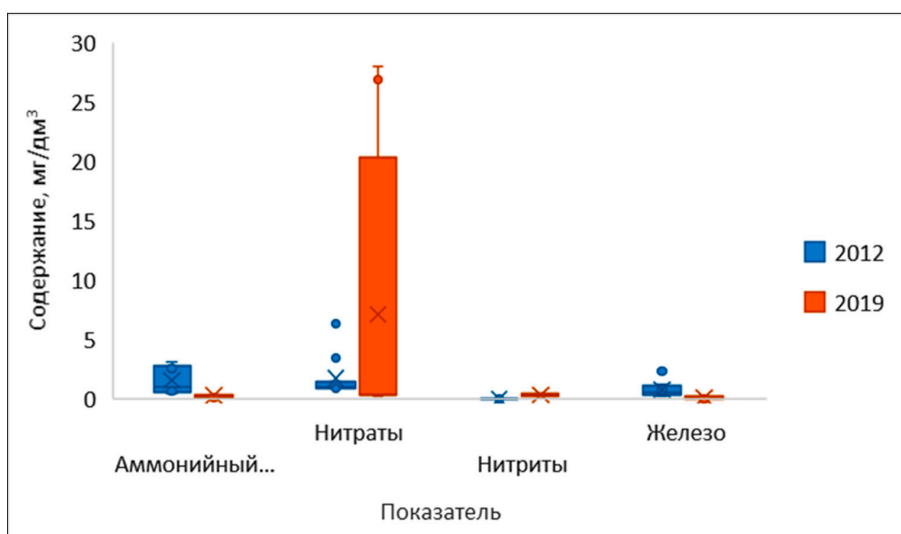


Рис. 3. Биогенный состав проб воды

**Биогенный состав.** Наиболее индикативным показателем в биогенном составе двух лет оказались железо, аммонийный азот и нитраты, так как в большинстве проб концентрация фосфатов и нитритов не превысила предельную чувствительность измерительных приборов.

**Аммонийный азот.** По сравнению с 2012 г. в 2019 г. зафиксировано повышение показателей по содержанию аммонийного азота во всех пробах кроме отобранной в устье р. Утук, где содержание аммиака в 2012 г. равнялось 3,1 мг/дм<sup>3</sup>, что составило более 6,0 ПДК<sub>рх</sub> (рис. 3). Это указывает на некоторое улучшение санитарного состояния воды в оз. Бол. Токо, которое возможно связать с гидрологическими особенностями конкретного года.

**Нитраты** – конечный продукт биохимического окисления аммиака в водоеме. Высокие содержания нитратов указывают на «прошлые» загрязнения органическими веществами. Также повышенное содержание нитратов связано с ростом бактерий и водорослей, ведущих к усиленному расходу кислорода, что приводит к губительным для ихтиофауны заморным явлениям [4].

В воде исследованных объектов содержание нитратов незначительное. Только в пробах воды из р. Укикит ниже и выше сброса сточных вод в 2019 г. обнаружено повышенное содержание нитратов – 26,9 и 28,0 мг/дм<sup>3</sup> соответственно.

**Железо.** Содержание данного элемента почти во всех пробах обоих лет превышает ПДК<sub>рх</sub>, равную 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, причем большие значения выявлены в 2012 г.

**Загрязняющие вещества органического происхождения. ХПК.** Оценка содержания органического вещества проводилась по результатам определения химического потребления кислорода (ХПК) или бихроматной окисляемости. Среднее содержание ХПК в 12 пробах 2012 г. составило 24,3 мг/дм<sup>3</sup>, в 8 пробах 2019 г. – 32,5 мг/дм<sup>3</sup>, при этом для первых характерен наибольший разброс, достигающий более чем десятикратной разницы.

По содержанию *фенолов и нефтепродуктов* наблюдается разнонаправленность изменений при небольшом разбросе концентраций для фенолов (рис. 4). Уменьшение средней величины содержания фенолов в 2012 и 2019 гг. (с 4,6 до 2,9 мкг/дм<sup>3</sup>) предположительно указывает на влияние естественных и сезонных факторов несмотря на кратные превышения ПДК<sub>рх</sub> во всех отобранных пробах.

Повышение данного показателя для нефтепродуктов с 8,4 до 13,9 мкг/дм<sup>3</sup>, а также большой разброс для 2019 г. свидетельствует об их потенциально техногенном характере. Максимальные концентрации нефтепродуктов зафиксированы в пробах воды р. Укикит, в которых содержание нефтепродуктов в 2019 г. равнялось 14,7 и 37 мкг/дм<sup>3</sup> при ПДК<sub>рх</sub> = 50 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Тяжелые металлы. Медь.** Повышенное содержание в воде меди является природной особенностью Южной Якутии. В 2019 г. содержание меди увеличилось в 3 раза (рис. 5), максимальное значение – 4,6 мкг/дм<sup>3</sup> – отмечено в воде р. Укикит, ниже сброса сточных вод.

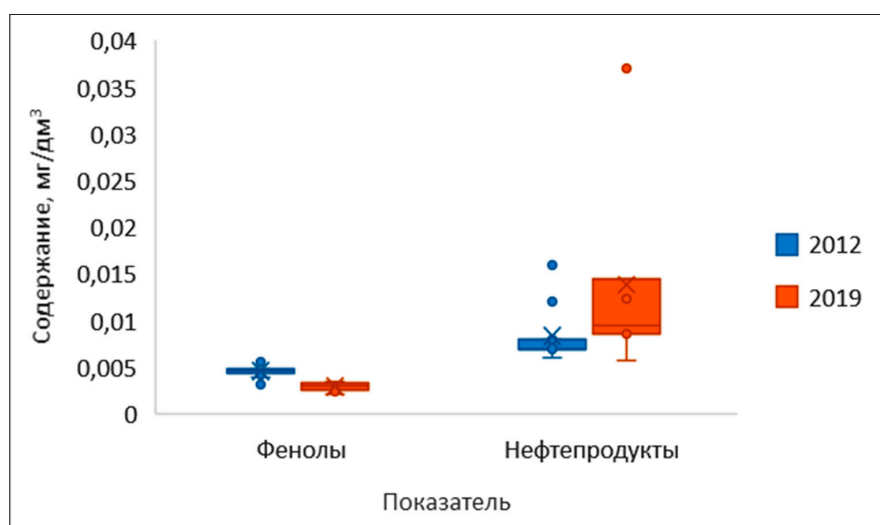


Рис. 4. Содержание веществ органического происхождения



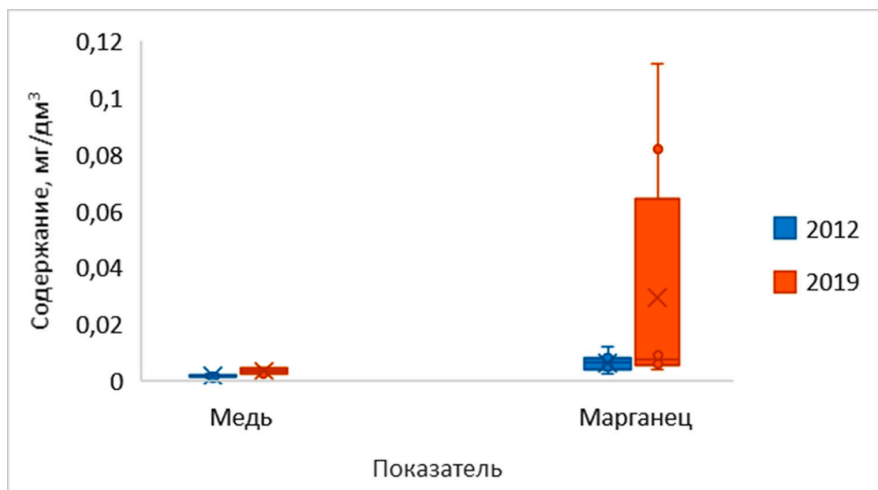


Рис. 5. Содержание меди и марганца в отобранных пробах воды

Содержание лития, бария и цинка в подавляющем большинстве проб воды фиксируется ниже или на нормируемом уровне.

**Марганец.** Максимальное значение марганца, равное 0,112 мг/дм<sup>3</sup>, отмечено в р. Укикит, выше сброса сточных вод, что составляет более 11 ПДК, а в воде р. Ундытын выше ж/д моста достигает предельно допустимой концентрации. Во всех остальных обследованных водных объектах содержание марганца не превышает допустимых пределов (рис. 5).

**Свинец.** В 2012 г. содержание воды во всех 12 пробах не превышало предельную чувствительность прибора, равную 2 мкг/дм<sup>3</sup>. В 2019 г. показатель превысил данную отметку, а также в пробах воды р. Укикиткан и Ундыткан достиг 1,05–1,1 ПДК<sub>рх</sub>.

### Заключение

Негативным результатом деятельности угольной отрасли являются выбросы пыли и газов в атмосферу. Воздействие угольной пыли на окружающую среду обусловлено кратковременным нахождением ее непосредственно в воздухе и последующим оседанием на водную поверхность. Таким образом, в результате антропогенного вмешательства происходит изменение гидрохимического режима водотоков на исследуемой территории.

В период высоких вод (весеннее половодье, летне-осенние паводки) вода выходит из русла водотоков, происходит вымывание элементов из водосборной площади, все это приводит к значительному изменению гидрохимического режима водных

объектов, бассейны которых непосредственно примыкают к зоне ведения горнодобычных работ на ЭУК.

Выявленные изменения носят временный характер. Для подтверждения результатов следует производить систематические наблюдения, чтобы выявить тенденции процессов, которые, возможно, носят случайный характер. Такое положение вызывает настоятельную необходимость расширить исследования в этой области.

### Список литературы

1. Ксенофонтова М.И. Оценка современного состояния водных объектов Эльгинского угольного месторождения // Молодой ученый. 2015. № 20 (100). С. 157–159. URL: <https://moluch.ru/archive/100/22506/> (дата обращения: 29.06.2023).
2. Колесникова Л.А., Ковальчук Т.В. Проблемы и перспективы экологической безопасности горнодобывающих регионов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. № 2–1. С. 275–286.
3. Ноговицын Д.Д., Николаева Н.А., Пинигин Д.Д. Гидрологическое и гидрохимическое состояния поверхностных вод зоны влияния Эльгинского угольного месторождения // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9238> (дата обращения: 17.11.2023).
4. Никаноров А.М. Гидрохимия: учебник. СПб.: Гидрометеоздат, 2001. С. 310–318.
5. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. Л.В. Боевой Ростов-на-Дону: НОК, 2009. 1037 с.
6. ГОСТ Р 51592-2000 Вода [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008006> (дата обращения: 29.06.2022).
7. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 (с изменениями от 10.03.2020) «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 30.10.2023).