

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

Ribogospod. nauka Ukr., 2017; 1(39): 92-117
DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2017.01.092>
УДК 597-111.12:597.442

ОСНОВНІ ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ОСЕТРОВИХ ВИДІВ РИБ (*ACIPENSERIDAE*) (ОГЛЯД)

М. Ю. Симон, seemann.sm@gmail.com, Інститут рибного господарства НААН,
м. Київ

Мета. Проаналізувати наукові джерела щодо фізіолого-біохімічних, екологічних та генетичних особливостей основних гематологічних показників та закономірностей їх мінливості у осетрових видів риб (*Acipenseridae*). Розглянути загальні моменти ліпідного та білкового обміну в сироватці крові та вплив на них біотичних і абіотичних чинників. Висвітлити загальні риси ферментів сироватки крові.

Результати. Огляд наукових праць виявив, що хоча гематологічні показники осетрових риб в цілому аналогічні таким у костистих риб та ссавців, є низка істотних відмінностей. Крім того, багатьом гематологічним показникам властива видова специфічність навіть в межах родини. Особливої уваги заслуговує мінливість гематологічних показників під впливом чинників як внутрішнього, так і зовнішнього середовища. У роботі описано вплив статевих та вікових чинників, а також сезонності на склад крові осетрових. Викладено основи використання білків сироватки крові в генетично-популяційних дослідженнях. Показано особливості функціонування гемоглобіну еритроцитів осетрових. Розглянуто основні гематологічні показники при формуванні та дозріванні статевих продуктів, їх вплив на фертильність. Висвітлено іонний склад крові.

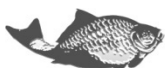
Практична значимість. Систематизовані дані стосовно основних гематологічних показників та закономірностей їх мінливості у осетрових видів риб стануть у пригоді як дослідникам, так і фермерам-рибоводам. Це обумовлено тим, що аналіз крові як найбільш лабільної системи організму, не лише чітко відображає фізіологічний стан особини в конкретно заданих умовах існування, а й використовується в генетично-популяційних дослідженнях. Таким чином, знання основних закономірностей формування складу крові осетрових риб є необхідним для подальших досліджень в рибогосподарській науці. Масив узагальненої інформації буде корисним при формуванні ремонтно-маточних стад, оцінці якості молоді, визначенні ступеня готовності плідників до нересту, при іхтіопатологічних ситуаціях на господарствах тощо.

Ключові слова: осетрові види риб (*Acipenseridae*), гематологічні показники, червона кров, гематокрит, гемоглобін, біла кров, лейкоцитарна формула осетрових, ліпопротеїди, лізоцим осетрових, фертильність, білки сироватки крові, альбуміни, глобуліни, глюкоза.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

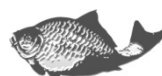
Всеохоплююче дослідження крові осетрових видів риб (*Acipenseridae*) розпочалося в другій половині 60-х років ХХ ст. на теренах колишнього Радянського Союзу і триває донині. Це пояснюється тим, що кров є поліфункціональною системою організму, яка динамічно реагує на всі зміни як навколишнього, так і внутрішнього середовища. Оскільки кров — це постійно

© М. Ю. Симон, 2017



рухома тканина, що складається з клітинних елементів і рідкої плазми, її основною функцією є транспорт різноманітних речовин. Однак, в залежності від природи переміщуваних сполук, вона виконує й інші функції: дихальну, трофічну, екскреторну, гомеостатичну, регуляторну, терморегуляторну та захисну [1–3]. Осетрові види риб належать до хрящових ганоїдів (*Chondrostei*), які за низкою гематологічних показників близькі до пластинозябрових риб (*Elasmobranchii*). Кількість крові в організмі риб в середньому становить 1–2% [4–6]. До її складу в першу чергу входять білки, ліпіди, вуглеводи, ферменти, гормони, макро- і мікроелементи, а також продукти обміну речовин. У природному середовищі для осетрових видів риб прийнято вважати нормою наступні значення фізіологічних показників: гемоглобін (Hb) — 50–80 г/л, білок сироватки крові (БВК) — 28–40 г/л, ліпіди сироватки крові (ЛП) — 3–4 г/л, холестерин (ХС) — 1,0–2, 8 ммоль/л, швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ) — 2–4 мм/год [7]. Необхідно відзначити, що хімічний склад крові може змінюватися під дією стресових явищ, які викликають накопичення в організмі карбонатної (H_2CO_3) і молочної ($C_3H_6O_3$) кислот, глюкози ($C_6H_{12}O_6$), кортикоїдних гормонів (стероїдних гормонів кори наднирників) та адреналіну (епінефрину) [3]. Для крові осетрових риб характерні ознаки примітивності: наявність ядра в еритроцитах і тромбоцитах, порівняно невелика кількість еритроцитів та малий вміст гемоглобіну, що зумовлює низький обмін речовин. Втім, їй одночасно властиві і риси високої спеціалізації: велика кількість лейкоцитів та тромбоцитів, що характерно для організмів з підвищеним клітинним імунітетом, і пояснює високу резистентність осетрових до надзвичайно несприятливих умов середовища [8]. Таким чином, за своїм хімічним складом кров осетрових видів риб мало відрізняється від крові інших хребетних тварин, зокрема, костистих риб. Першочергові відмінності полягають в кількості складових її компонентів [9].

Гематологічні показники, характеризуючись високою лабільністю, слугують індикатором патологічних процесів в організмі. Реакція крові на зміну функціонального стану кожної окремої особини у відповідь на той чи інший вплив неспецифічна і використовується в рибоводній практиці як засіб діагностики стану популяції риб, у тому числі й плідників при створенні високопродуктивних маточних стад осетрових [10]. Водночас, гематологічні показники, відображаючи вплив місця існування, фізіологічного стану організму і в цілому видової специфіки, дуже мінливі. У зв'язку з цим, параметри, які встановлюються для того чи іншого виду, не можуть бути єдиними повсюдно навіть для систематичної одиниці, особливо якщо остання вирощується в різних екологічних умовах. Зокрема, для більшості гематологічних показників простежується сезонна залежність та статевий і віковий диморфізм. Тому будь-яку «норму» гематологічних характеристик слід розглядати як умовний показник для певного часового періоду і екологічних умов. Серед гематологічних показників, для яких у осетрових видів риб простежуються загальні принципи формування, основними є: кількість гемоглобіну, гематокрит (НСТ), лейкоцитарна формула крові, швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ). Втім, за показниками крові можна об'єктивно судити про стан організму риб в заданому середовищі або умовах утримання, використовуючи мінливість гематологічних показників (в залежності від температури і забрудненості води, гідрохімічного режиму, складу кормів, сезону року, віку та стадії зрілості гонад тощо) в якості



специфічних маркерів для оцінки фізіологічного стану організму та генетичних досліджень [7].

Метою даної роботи є аналіз масиву інформації щодо фізіолого-біохімічних, екологічних та генетичних особливостей основних гематологічних показників та складових крові у осетрових видів риб.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ. ВИДЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Червона кров осетрових видів риб представлена еритроцитами (RBC) і тромбоцитами (PLT). На ранніх фазах розвитку структур крові у них зустрічаються поодинокі еритробласти і всі послідовні стадії еритроїдного ряду: нормобласти, базофільні та поліхроматофільні еритроцити. Кінцевою стадією розвитку цього напрямку є поява ортохромних (оксифільних або зрілих) еритроцитів [11]. Основний склад та властивості крові осетрових видів риб наведені в табл. 1.

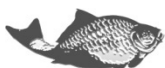
Таблиця 1. Склад і властивості крові осетрових видів риб [12]

Показник	Білуга	Стерлядь	Російський осетер	Севрюга
Еритроцити, млн/мкл	0,8	1,5	0,8	1,6
Гемоглобін Hb, г%	8,7	10,3	11,5	11,3
Гематокрит НСТ, %	36,0	43,0	47,0	40,0
Співвідношення загальної кількості крові до маси тіла, %	2,8	3,2	2,5	3,0
Кількість лейкоцитів, тис./мкл	–	–	–	40,4
Білок загальний, %	–	–	5,1	5,9

Головна функція еритроцитів — транспорт кисню і, частково, вуглекислого газу. Крім того, вони спроможні транспортувати амінокислоти. Збільшення кількості незрілих еритроцитів, порушення їх морфології є ознакою патологічного процесу в організмі. Тривалість життя еритроцитів може складати більше року, і визначається інтенсивністю їх функціонування. Розміри еритроцитів видоспецифічні, наприклад, у російського осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) — $16,75 \times 14,00$ мкм, а у севрюги (*Acipenser stellatus*) — $12,40 \times 11,07$ мкм [12].

Молоді форми еритроцитів — базофільні і поліхроматофільні клітини. Їх переважання у еритроїдному ряді властиве молоді та цьоголіткам осетрових видів риб. Зокрема, в останніх частка молодих форм еритроцитів складає 15–25% від загального обсягу клітин еритроїдного ряду. Такий високий рівень еритропоезу молоді вказує на інтенсивне кровотворення. Згодом, вже у дволіток, спостерігається зниження % молодих форм еритроцитів до 2,8, що характерно для фізіологічної норми риб старшого віку, вирощуваних в аквакультурі [11].

Для зрілих або оксифільних еритроцитів осетрових видів риб характерна висока концентрація глутатіону GSH. Співвідношення GSH/HB у них значно вище, ніж у савців. Редокс-система глутатіону (GSHGSSG) слугує буфером, який запобігає деструктивній дії активних форм кисню та забезпечує механізми



детоксикації. Сульфгідрильна (відновлена) GSH форма легко піддається як ферментативному, так і неферментативному окисненню, внаслідок чого утворюється дисульфідна (окиснена) форма. Як ефективний антиоксидант GSH відіграє виняткову роль у підтримці структурної цілісності еритроцитів, SH-захисту груп гемоглобіну (Hb) та інших протеїнів еритроцитів від дії окиснювачів. Таким чином, можливість прямого відновлення метгемоглобіну (MtHb) та антиоксидантні властивості GSH зумовлюють його помітну роль в системі підтримки структури і функцій Hb [13].

Площа поверхні еритроцитів відображає рівень обмінних процесів і функціональний стан організму в певний період життя риб. Наприклад, за даними Л. Д. Житеневої, у стерляді з природних водойм вона в нормі становить 73,14 мкм². В той же час, у риб, вирощених в умовах аквакультури, вона становить — 75,03–121,78 мкм² у риб віком 10–12 місяців та 81,86–100,04 мкм² — особин віком — 20–24 місяці. Це пояснюється більш активним ростом риб, що культивуються при контрольованих умовах [14].

Мінливість концентрацій еритроцитів має сезонний характер, а також залежить від віку та розмірно-вагових показників риб. Це пояснюється тим, що в процесі онтогенезу концентрація Hb в руслі крові змінюється. Крім того, загальна еритропоетична активність завжди підвищена у весняно-літній період. Наприклад, в лютому у стерляді (*Acipenser ruthenus*) молодшої вікової групи вона становить близько 0,96±0,14 г/л, а старшої — 0,87±0,07 г/л. Станом на липень, в обох вікових групах ці показники зростають майже вдвічі, що спричиняє збільшення концентрації Hb. Сезонність червоної крові властива й риbam, які вирощуються в індустріальних умовах за постійної температури води [14, 15].

Сезонні зміни гематологічних показників плідників осетрових видів риб, на прикладі самок російського осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*), наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Сезонні зміни гематологічних показників самок російського осетра [16]

Показник	♀ весняної заготівлі	♀ осінньої заготівлі	♀, отримані від домашікованих плідників
Маса, кг	11,4±3,0	12,9±2,3	14,3±0,6
Гемоглобін Hb, г/л	54,2±5,60	55,4±4,30	68,4±4,61
Cv, %	25	28	30
Гематокрит НСТ, л/%	26,1±0,15	30,0±0,20	34,1±0,30
Еритроцити, 10 ⁶ мкл	0,53±0,020	0,56±0,018	0,68±0,110
СГЕ (MCH), пг	102,26±21,4	116,70±20,1	100,60±12,23
ШОЕ, мм/ч	4,8±0,30	4,5±0,24	5,1±0,47

Гематокрит відображає частку еритроцитів в загальному об'ємі крові. Цей показник найчастіше використовують для оцінки ступеня вираженості анемії. Його підвищення або зниження відносно норми свідчить про наявність захворювання або стресу [16]. Гематокрит крові осетрових видів риб наведений в табл. 3.



Таблиця 3. Гематокрит крові осетрових видів риб, % [12]

Вид	Гематокрит (НСТ)
Білуга (<i>Huso huso</i>)	36,0
Російський осетер (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>)	47,0
Севрюга (<i>Acipenser stellatus</i>)	40,0
Стерлядь (<i>Acipenser ruthenus</i>)	43,0

ОРЕ (осмотична резистентність еритроцитів) використовується для визначення та оцінки фізіологічного стану осетрових видів риб. ОРЕ характеризує фізико-хімічні властивості мембран еритроцитів та динамічної рівноваги водних компонентів інтерстеціальної рідини. ОРЕ осетрових риб коливається в залежності від їх способу життя — морського чи річкового. Наприклад, для російського осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) ОРЕ у солоній воді становить 0,18–0,20 та 0,28–0,30 (% розчину NaCl) — у прісній. Зниження ОРЕ свідчить про інтоксикацію організму та сприяє гемолізу еритроцитів при стресі [17].

ШОЕ (швидкість осідання еритроцитів) є одним з найбільш уживаних показників, оскільки чітко відображає особливості фізіологічного стану осетрових риб. За його значеннями діагностують захворювання травматичного, запального та гіпоксичного генезу. Слід зазначити, що у domestикованих риб він трохи вище, ніж у заготовлених з природної популяції (і ярових, і озимих рас). Статева приналежність на нього суттєво не впливає [17]. В фізіологічній нормі для осетрових видів риб ШОЕ коливається в межах 1–6 мм/год [14]. ШОЕ притаманні сезонні зміни, зокрема навесні вона становить приблизно $3,7 \pm 0,3$, а восени — $5,1 \pm 0,5$ мм/год. Крім того, оскільки цей показник свідчить про підвищений вміст ліпідів в крові, використовується для визначення функціонального стану плідників [18]. Підвищення ШОЕ при низькому рівні Hb в крові є характерною ознакою часткової резорбції ікри. В той же час, зростання ШОЕ за нормального рівня Hb є стандартною реакцією організму осетрових видів риб на дію гормональних стимулюючих препаратів [16].

Гемоглобін (Hb) — складний дихальний білок з класу хромопротеїнів, що міститься в еритроцитах та надає їм червоного кольору. Він є найважливішим елементом реалізації дихальної функції, здійснюючи транспортну функцію кисню та вуглекислого газу, до тканин і назад. Крім транспортування кисню та вуглекислого газу Hb регулює роботу імунної системи і щитоподібної залози, відповідає за виведення токсинів з організму, бере участь в процесах регенерації клітин [15, 19, 20]. Концентрація Hb в еритроцитах має важливе діагностичне значення. Без цього показника неможлива оцінка інтенсивності обмінних процесів в організмі. Зниження вмісту Hb вказує на пригнічення кровотворення, що найчастіше є несприятливою ознакою, але може служити і показником виключно хороших кисневих умов. При дефіциті або надлишку Hb порушуються метаболічні процеси в організмі риб [20, 21].

Концентрація Hb у молоді осетрових видів риб збільшується з віком. На підставі досліджень Р. В. Афонич представлені зміни його концентрації в процесі отногенезу осетрових [22].



Таблиця 4. Концентрація Нб у молоді осетрових видів риб, г % [22]

Вид	Маса, г	Концентрація Нб, г%
Білуга (<i>Huso huso</i>)	2,5–2,8	5,6–5,8
	3,0–5,0	5,9–6,1
Російський осетер (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>)	0,75–1,0	3,8–4,0
	1,0–1,6	4,1–4,6

Концентрація Нб у статевозрілих осетрових значно вища такої у більшості прісноводних і морських риб. Так, вона досягає 15,0 г%, а в середньому дорівнює 11,0–12,0 г%. Оскільки для осетрових видів риб характерна велика кількість крові в організмі, що досягає 3,0% (в середньому — 2,7%), кількість цього білка досягає 3,9 г на 1 кг маси тіла (в середньому — 3,5 г на 1 кг маси тіла) [23]. Для ссавців (*Mammalia*) цей показник дорівнює 5,0–25,0 г на 1 кг маси тіла. Сезонні коливання концентрації Нб не притаманні [12]. Концентрація Нб у статевозрілих особин осетрових видів риб наведена в табл. 5.

Таблиця 5. Гематологічні показники статевозрілих осетрових видів риб [23]

Показник	Російський осетер			Севрюга		
	♀	♂	Е	♀	♂	Е
Довжина, см	145	150	–	142	119	–
Маса, кг	28,2	20,2	–	7,6	4,8	–
Концентрація Нб, г %	11,70	11,40	11,55	10,90	11,60	11,80
Гематокрит НСТ, %	46,0	48,0	47,0	38,7	41,2	40,0
Кількість еритроцитів, млн шт.	0,91	0,90	0,95	1,32	1,64	1,48

Фракційний склад Нб осетрових риб видоспецифічний та розподіляється на «швидкі» і «повільні» компоненти. Наприклад, Нб основного, першого фенотипу (Нб-1), у російського осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) представлений 7 компонентами, у амурського осетра (*Acipenser schrenckii*) — 8, у сахалінського (*Acipenser mikadoi*) — 13 компонентами. Основними параметрами його оцінки є кількість компонентів, їх відносна рухливість та відносний вміст білка, що припадає на окремі компоненти [24]. Фракційний склад Нб риб не залежить від статі, стадії зрілості гонад чи розмірно-вагових показників [25]. Гемоглобінограму осетрових поділяють на 3 зони: швидко рухомих фракцію (ШРФ), середньо рухомих фракцію (СРФ) та повільно рухомих фракцію (ПРФ). У кожній з них відносна рухливість, кількість мікро- та макро компонентів, а також відносний вміст білка в останніх є видоспецифічними [2]. Наприклад, гемоглобін білуги (*Huso huso*) можна розділити на 7 компонентів, один з яких знаходиться в зоні ШРФ гемоглобінограми, і шість компонентів — в зоні СРФ [24].

Еколого-фізіологічна гетерогенність осетрових видів риб виявляється в наявності в них трьох типів фракційного складу Нб: «прісноводного», «морського» та «перехідного». Характерною особливістю «прісноводного» типу є значне (3–10-кратне) перевищення «повільних» компонентів в СРФ гемоглобінограмм над «швидкими» та наявність серед них одного домінантного

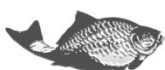


компонента. До цього типу належать: стерлядь (*Acipenser ruthenus*), осетер сибірський (*Acipenser baeri*), великий амудар'їнський лопатоніс (*Pseudoscaphirhynchus kaufmanni*), білуга (*Huso huso*) та шип (*Acipenser nudiventris*). Характерною особливістю «морського» типу є значне (2–8-кратне) переважання «швидких» компонентів над «повільними» та локалізація серед «швидких» одного домінантного компонента. Його представниками є: севрюга (*Acipenser stellatus*), калуга (*Huso dauricus*) та амурський осетер (*Acipenser schrenckii*). «Перехідний» тип фракційного складу Hb характеризується вищою (в 1,6–1,8 разів) часткою «повільних» компонентів в порівнянні зі «швидкими» і наявністю 1–2 домінуючих в групі «повільних» компонентів основної СРФ гемоглобінограм. Він властивий російському (*Acipenser gueldenstaedtii*) та сахалінському (*Acipenser mikadoi*) осетрам [15, 25].

Зміни фракційного складу Hb при міграціях у осетрових видів риб не відбувається. На відміну від костистих риб, при їх переході з моря в річку частка і співвідношення між його компонентами залишаються без змін. Таким чином, стратегія біохімічної адаптації осетрових риб відрізняється від такої костистих, забезпечуючи нормальну життєдіяльність як в морській, так і в річковий період життя одним і тим же набором ізогемоглобінів [21]. Таким чином, тривале (впродовж 5–6 років) вирощування осетрових в умовах аквакультури призводить до формування фракційного складу Hb, ідентичного тому, який спостерігається у одновікових риб, що мешкають в морській воді [24].

Вікові зміни фракційного складу Hb осетрових видів риб спрямовані на зниження частки білка, що припадає на «повільні» компоненти, та її підвищення в «швидких» компонентах гемоглобінограм [2]. Найбільш інтенсивне формування фракційної структури Hb у молоді осетрових протягом першого місяця життя. Із збільшенням віку та маси тіла зростає і вміст Hb, що обумовлено нормалізацією обмінних процесів в організмі [7]. Гемоглобінова буферна система осетрових риб, як і вищих хребетних, займає до 70–75% буферної ємності крові. Існує зв'язок між стійкістю риб до закислення води, ефективністю гемоглобінової буферної системи та величиною ефекту Веріго–Бора. Ефект Веріго–Бора демонструє залежність ступеня дисоціації оксигемоглобіну від величини парціального тиску вуглекислоти в альвеолярному повітрі та крові, при зниженні якого спорідненість кисню до Hb підвищується, що ускладнює перехід кисню з капілярів в тканини. Цей показник відображає зворотне відношення між рН та р50 — величиною напівнасичення Hb киснем, тобто зниження його спорідненості до кисню, що супроводжується зниженням рН крові. Р50 при рН 7,2 знаходиться в межах 19,9–25,9 мм рт. ст. у осетрових риб на противагу 16,3–48,0 мм рт. ст. у костистих риб (*Teleostei*) [25]. Величина ефекту Веріго–Бора використовується для характеристики стійкості організму до закислення води та ефективності гемоглобінової буферної системи. У осетрових риб стійкість до закислення середовища знижується разом із зменшенням ефективності гемоглобінової буферної системи [26, 27].

Білірубін ($C_{33}H_{36}N_4O_6$) є кінцевим продуктом розпаду Hb. Виділяється з жовчю в кишечник. Некон'югований білірубін (непрямий) добре розчиняється в жирах (ліпофільний), але дуже погано — у воді (гідрофобний). Для транспортування кровоносним руслом його зв'язують альбуміни. Визначення кількості білірубину плазми крові (рідка частина крові, що містить розчинені у



воді іони, неорганічні й органічні речовини) використовується для оцінки функцій печінки [28].

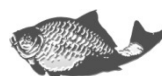
Тромбоцити (PLT) осетрових видів риб — це справжні клітини круглої чи овальної форми. Кількість тромбоцитів в 1 мм^3 крові може істотно коливатися. Походження та функції цих клітин у осетрових видів риб є дискусійним питанням. Так, оскільки відсутні чіткі морфологічні межі між круглими тромбоцитами і малими лімфоцитами, особливо голоядерними, ряд дослідників вважає, що тромбоцити походять від лімфоцитів. На користь цієї гіпотези свідчать імуногенні властивості тромбоцитів. А. А. Маркосян, Л. Д. Житенева, Є. В. Макаров та О. А. Рудницька з наявності мітохондрій в клітинах тромбоцитів роблять висновок, що останні беруть участь і в процесі дихання [4–6, 29].

Біла кров (WBC) осетрових видів риб представлена лейкоцитарною формулою — відсотковим співвідношенням різних форм лейкоцитів [12]. За якісним складом білої крові принципових відмінностей між видами родини осетрових риб немає, проте за розмірами клітин білої крові простежується видова специфічність. Наприклад, у сибірського осетра (*Acipenser baeri*) вони більші, ніж у російського осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) та стерляді (*Acipenser ruthenus*) [30, 31]. Лейкоцитарна формула осетрових видів риб за фізіологічної норми, на прикладі російського осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) наведена в табл. 6.

Таблиця 6. Лейкоцитарна формула крові російського осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) за фізіологічної норми, % [32]

Форма лейкоцитів	Частка, %	
Молоді	1,6	
Нейтрофіли	Зрілі	5,0
	Патологічні	–
Мієлобласти	8,6	
Еозинофіли	12,8	
Моноцити	–	
Лімфоцити	80,6	
Індекс зсуву лейкоцитів	0,24	

Індекс зсуву лейкоцитів крові (ІЗЛК) є маркером реактивності організму і розраховується за наступною формулою: $\text{ІЗЛК} = (E + B + H(C + П + Ю + Мi)) / (Mо + Лi)$, де E, B, H, Mо та Лi це відсотковий вміст еозинофілів, базофілів, нейтрофілів, моноцитів та лімфоцитів у лейкоцитарній формулі. Його підвищення (зсув вправо) свідчить про активний запальний процес та порушення імунологічної реактивності. Воно пов'язане із зниженням кількості еозинофілів (еозинопенія) та підвищенням кількості паличкоядерних та сегментоядерних нейтрофілів [33]. Лейкоцитарні клітини осетрових видів риб, крім лімфоцитів (LYM), представлені лейкоцитами мієлоїдного ряду (мієлобластами, промієлоцитами, мієлоцитами і метамієлоцитами), паличко- та сегментоядерними нейтрофілами, а також еозинофілами, моноцитами, макрофагами й базофілами [34, 35]. Лейкоцити виконують функцію захисту організму від проникнення хвороботворних мікроорганізмів. Їх кількість у осетрових залежить від низки факторів, в першу чергу — від виду риб та умов



навколишнього середовища [12]. Середній вміст лейкоцитів в крові, для статевозрілих осетрових риб, за нормального фізіологічного стану, наведений в табл. 7.

Таблиця 7. Середній вміст лейкоцитів в крові статевозрілих осетрових видів риб [12]

Вид	Вміст лейкоцитів, тис./мм ³
Російський осетер	26,0–28,0
Севрюга	38,0–61,0

До гранулоцитів належать клітини мієлоїдного ряду, паличкоядерні і сегментоядерні нейтрофіли, а також еозинофіли. Зростання частки гранулярних лейкоцитів свідчить про погіршення фізіологічного стану риб, що має різну етіологію (запальний процес, інфекційний процес, інвазія, алергічна реакція) [34]. Серед агранулоцитів у осетрових видів риб найбільшу частку становлять моноцити та лімфоцити [14].

Лімфоцити осетрових видів риб невеликих розмірів, округлої або овальної форми з червоно-фіолетовим круглим ядром, в якому хроматин утворює переходи від більш щільних до менш щільних ділянок. Цитоплазма лімфоцитів переривчаста, іноді утворює випуклості на зразок псевдоподій, які надають клітині амебоїдної форми [36]. Основу білої крові осетрових риб складають лімфоцити, формуючи лімфоцитарний профіль. Частка лімфоцитів в загальному пулі лейкоцитів не опускається нижче 65,9% і не перевищує 94% [34]. В середньому, кількість лімфоцитів становить близько 71,3%, а в периферичній крові (циркулюючій по судинах) статевозрілих особин — 32,4–34,1% [30]. Абсолютна більшість лімфоцитів в лейкоцитарній формулі свідчить про високий ступінь розвитку клітинного імунітету [4–6, 14].

Нейтрофіли осетрових видів риб мають велике та розсічене ядро червоно-фіолетового кольору [30]. За даними Л. В. Баденко, фізіологічною нормою для осетрових риб є наступна кількість 3–15% нейтрофілів [14]. Паличкоядерні нейтрофіли особливо поширені у риб, вирощених при регульованому температурному режимі. Втім, надмірне збільшення їх кількості свідчить про високу фагоцитарну активність. Інтенсивне утворення нейтрофілів та збільшення їх кількості є нормальним для плідників осетрових видів риб перед початком нересту. Це зумовлене тим, що нейтрофіли і моноцити виділяють фермент, який сприяє розчиненню міжклітинних речовин [31].

Еозинофіли в циркулюючій крові зустрічаються не у всіх видів риб, однак у осетрових на їх частку припадає до 10%. Основною функцією еозинофілів є участь у формуванні імунітету до гельмінтів, а еозинофілія периферичної крові та тканин є характерною рисою алергічної реакції [35]. Крім цього, як і у вищих хребетних, еозинофілам риб, поряд з нейтрофілами, належить важлива роль в підтримці тканинного гомеостазу, в тому числі регуляції реакції запалення. Різка зростання відносного числа еозинофілів за дії токсикантів різної природи вказує на активну участь цих клітин в реакції на токсичний стрес. Наприклад, збільшення відсотка еозинофілів в периферичному руслі крові осетрових видів риб є характерною ознакою алергічної реакції на короточасне збільшення концентрації нітратного азоту в воді [14]. Таким чином, еозинофілія в цілому



вказує на посилення запальних процесів або патологічне порушення імунітету [37]. Характерною відмінністю еозинофільних елементів осетрових риб на стадії зрілості є великі оранжево-червоні гранули, густо розташовані на тлі слабобазофільної цитоплазми [30]. Гранули часто розташовуються не тільки в цитоплазмі, а й в самому ядрі синьо-фіолетового кольору, неправильної форми [36]. За радіаційного впливу гранули еозинофілів набувають чорного кольору [4–6].

Моноцити в периферичному руслі крові досить рідкісні клітини, і в крові гібридів осетрових зустрічаються частіше, ніж у чистих ліній. Дискусійними є питання стосовно їх походження, життєвого циклу, взаємозв'язків та взаємин з іншими клітинами. Моноцити риб схожі з такими ссавців (*Mammalia*), як своєю ультраструктурою, так і високою фагоцитарною активністю. Моноцитам осетрових видів риб притаманне синьо-фіолетове велике ядро округлої форми та вузька смужка цитоплазми димчастого кольору [36]. Моноцити є активними фагоцитами, що поглинають не стільки бактерії, скільки продукти розпаду клітин і тканин, крім того, вони здатні інактивувати токсини [37]. Моноцити характеризуються значною міграційною здатністю. Продукуючи антитіла, вони беруть участь в регуляції імуногенезу і гранулопоезу. Деструктивні зміни моноцитів виникають за наявності токсичних агентів в організмі, а також за вірусних і паразитарних захворювань. Моноцити здатні впливати на міграційні властивості нейтрофілів, посилюючи їх або послаблюючи. При певних умовах (наприклад, в осередках запалення) вони можуть трансформуватися в макрофагів [4–6, 35].

Макрофаги концентруються в селезінці і здійснюють «відбір» клітин, видаляючи старі еритроцити або цілком, або вилучаючи з них гранули заліза, без руйнування самої клітини (так зване викопування). Таким чином, макрофаги депонують залізо. Крім того, вони впливають на проліферацію і дозрівання клітин еритропоетичного ряду. Також, існує своєрідний контакт між макрофагами і лімфоцитами. Макрофаг, будучи носієм антигена, концентрує навколо себе скупчення лімфоцитів, які утворюють з ним та між собою цитоплазматичні містки. Контакт здійснюється за допомогою одиничного пальцеподібного відростка лімфоцита. Макрофаги при цьому передають антигенну інформацію імунно-компетентних клітин [4–6].

Базофільні лейкоцити осетрових видів риб є дискусійним питанням, оскільки спостерігаються у риб не з усіх ареалів існування. Вперше вони були відзначені в крові білуги, севрюги та осетра [38]. Взагалі, як вказують Б. М. Драбкіна та Л. П. Телкова, у осетрових риб ці клітини зустрічаються надзвичайно рідко. Можливо, це пояснюється тим, що базофіли є клітинами екстремального реагування і з'являються в периферичному руслі в рідкісних випадках [4–6].

Білковий спектр сироватки крові є одним з найважливіших показників при вивченні фізіологічного стану риб. Високий вміст білка в сироватці крові риб в межах встановлених норм — сприятлива ознака, а його зниження пов'язане з втратою життєстійкості і може супроводжуватися загибеллю [31]. Вміст білків у крові осетрових видів риб залежить від великої кількості факторів — віку, статі, фізіологічного стану, пори року, забезпеченості кормами (в першу чергу білковими), наповнення шлунково-кишкового тракту, стану здоров'я тощо [12]. Вміст білків у сироватці крові осетрових видів риб за стану фізіологічної норми наведений в табл. 8.



Таблиця 8. Вміст білків у сироватці крові осетрових видів риб [12]

Вид	Маса риби, г	Масова частка крові, %	Частка білків, %
Білуга	27,0	3,4	5,0
Російський осетер	50,0	4,0	2,4–5,1
Севрюга	30,00	3,00	2,57–5,90

Більшість найтонших біологічних функцій виконується білками або за їх участю. Найважливішою функцією білків сироватки крові є транспорт речовин, що забезпечують клітини організму тварини будівельним матеріалом і енергією. Входячи до складу ферментів, білки забезпечують проходження більшості необхідних для життєдіяльності організму процесів [20]. Білки плазми (сироватки, позбавленої фібриногену) крові відіграють вирішальну роль у регуляції розподілу позаклітинної рідини між внутрішньо- і позасудинним відділами рідкого середовища організму. Фільтраційно-реабсорбційна гіпотеза Ернеста Старлінга пояснює переміщення рідини через стінку капіляра протидією гідростатичного тиску крові і онкотичного тиску, утвореного білками плазми крові. Вона заперечує можливість проникнення білків плазми крові з судинного простору в тканинний. Сучасні моделі, розроблені для вищих хребетних, допускають фільтрацію інтраваскулярних білків в тканинний простір в деяких відділах мікроциркуляторної системи і, як наслідок, — існування функціональної різноякісності капілярів від абсолютної непроникності для білків (капіляри центральної нервової системи) до необмеженої проникності (капіляри печінки) [39]. Тканинні рідини риб містять значні кількості білка, що дозволяє припустити відмінність механізмів трансапілярного обміну білків плазми крові у риб від таких у вищих хребетних. Зокрема, електрофорез зразків позаклітинних рідин стерляді доводить, що всі тканинні рідини останньої є фільтратами плазми крові: фракційний склад їх білків практично збігається з таким у плазмі крові [39].

Загальна концентрація білка в сироватці крові (ВБК) осетрових риб нижче, ніж у костистих (наприклад, у оселедця вона на 25% вище) [9]. Фізіологічна норма осетрових риб передбачає вміст близько 5% ВБК [31]. У одних і тих же вікових груп різних представників родини осетрових риб ВБК в крові ідентична. Однак, для неї характерна сезонність — взимку вміст ВБК трохи вищий. Крім того, вміст білка і його фракцій коливається в залежності від статі, віку, сезону та інших факторів. Поряд із загальною закономірністю змін ВБК, характерних для різних представників родини осетрових риб, для кожного виду характерний певний білковий спектр, за яким його можна відрізнити від іншого виду [9]. Підвищення концентрації ВБК в крові свідчить про поживність корму, що сприяє збільшенню приросту, в результаті нарощування м'язової маси, а, отже, і швидшому росту риб [40]. Також, висока концентрація ВБК є показником оптимізації обмінних процесів і високої неспецифічної резистентності організму. Крім того, вищий рівень ВБК притаманний осетровим видам риб, вирощеним в аквакультурі, у порівнянні з дикими [16].

Фракційний склад білка в сироватці крові осетрових риб використовується в якості тонкого індикатора особливостей стану риб, що визначається як внутрішніми біологічними ритмами, так і впливом різноманітних факторів зовнішнього середовища [21]. Фракційний склад білків сироватки крові осетрових високогетерогенний і містить близько 15–21 компонентів, представлених



преальбумінами, альбумінами, α -, $\alpha 2$ -, β -, γ -глобулінами [41]. Для кожного виду осетрових риб характерна наявність одного або декількох специфічних антигенів, якими він відрізняється від інших близьких видів. У різних видів риб з родини осетрових імунофоретичні спектри таких антигенів відрізняються, а самі антигени можуть бути представлені всіма численними групами білків сироватки крові, які мають різну рухливість. Найбільш мінливими і, отже, специфічними для різних видів осетрових риб є $\alpha 2$ -глобуліни — група білків, дуги яких локалізовані безпосередньо поблизу лунки. Меншою мірою це властиво α - і β -глобулінам. Альбуміни, як специфічні антигени, проявляються значно рідше, ніж глобуліни. Крім якісних особливостей, важливу роль відіграють кількісні показники, що відображають число специфічних компонентів та кількість білка, що припадає на них. В цьому відношенні особливим є російський осетер, який володіє свого роду «універсальним» спектром антигенів, по відношенню до якого білки всіх інших видів є малоспецифічними. Так, якщо у нього виявляється від 2 до 7 специфічних до інших видів антигенів, то у них, по відношенню до нього — від 1 до 3. Таким чином, в білках сироватки крові російського осетра зосереджено більшість антигенних характеристик інших видів. Крім того, у нього чітко виражені власні видові відмінності, які в деяких випадках є максимальними при міжвидових порівняннях [42].

Альбуміни — прості глобулярні білки сироватки крові, що складають від 18 до 38%, або, в середньому, — чверть всіх білків крові [42]. Альбуміни відображають субстратну забезпеченість анаболічних процесів організму та напруженість пластичного обміну. Показник частки альбумінів є одним з оціночних критеріїв адаптаційних можливостей і життєстійкості організму [34]. Альбуміни сироватки крові, крім здійснення транспортної функції, беруть участь в підтримці колоїдно-осмотичного (онкотичного) тиску плазматичних білків, що відіграє провідну роль в перерозподілі води та солей між кровоносним руслом і тканинами, впливають на в'язкість крові. Саме онкотичний тиск плазматичних білків у хребетних тварин, в тому числі й у риб, протистоїть фільтруючій силі кров'яного тиску при утворенні первинної сечі. В основі поліфункціональності альбумінів сироватки крові осетрових видів риб лежить їх фізико-хімічна неоднорідність. Альбуміни сироватки крові у осетрових риб гетерогенні і поліморфні, причому рівень гетерогенності (кількості компонентів) і поліморфізму (кількості фенотипів) має виражену міжпопуляційну мінливість. Наприклад, у роді *Acipenser* найбільш висока гетерогенність альбуміну притаманна російському (9 компонентів) та сибірському (5 компонентів) осетрам, а найменша — севрюзі та сибірській стерляді (1–2 компонента). У прохідних осетрових, поряд з генетично контрольованою мінливістю альбумінів, існує модифікаційна, або еколого-фізіологічна, мінливість. Так, при зміні місця існування, тобто при переході з моря в річку під час нерестової міграції, відбувається різке збільшення (в 2–3 рази) частки альбумінів сироватки крові по відношенню до глобулінів. Крім того, у річковий період життя у російського осетра збільшується ступінь гетерогенності альбуміну та фенотипова різноманітність за альбуміновою системою [21].

Глобуліни осетрових видів риб мають 4 основні фракції, вміст кожної з яких варіює, в першу чергу, в залежності від віку, статі і пори року. Наприклад, у севрюги з віком знижується вміст α -глобулінів і підвищується вміст β -глобулінів. У самок севрюги кількість α -глобулінів значно вище, а β -глобулінів нижче, ніж у



самців [9]. На частку фракції α -глобулінів, що складається з 1–4 компонентів, припадає від 6 до 12% білків сироватки крові. β -глобулінова фракція, що має в своєму складі від 3 до 7 компонентів, займає в загальній кількості білків сироватки крові від 9 до 20%. Найпотужнішим компонентом серед α 2-глобулінів є α 2-макроглобулін. Його частка серед усіх сироваткових білків досягає 25,6% або половини всіх глобулінів. На інші компоненти цієї фракції доводиться в середньому 15,6% білків крові, γ -глобулінова фракція в крові російського осетра становить в середньому 5,4% [41]. Глобуліни мають здатність утворювати комплекси з жирними кислотами і стероїдними гормонами [20]. Завдяки цьому глобуліни сироватки крові беруть активну участь в утворенні оваріальної рідини і впливають на фертильність. Так, В. С. Апекін, В. Н. Фадєєва та Р. Ерлег виявили, що оваріальна рідина осетрових видів риб за антигенним складом та біохімічними показниками дуже подібна до їх сироватки крові [43]. Динаміка концентрації сироваткових β -глобулінів залежить як від динаміки холестерину, так і від динаміки β -ліпопротеїдів [20]. Так, між відносним вмістом сироваткових β -глобулінів і β -ліпопротеїдів існує пряма кореляційна залежність. Зокрема, фертильність = F (концентрація β -ліпопротеїдів) $\eta = 0,94$; $P < 0,05$. У практиці іхтіологічних досліджень застосування даного тесту вперше було запропоновано В. М. Кичановою та А. В. Поповим в 1974 р. Ними на прикладі білуги за цим показником був виявлений чіткий статевий диморфізм та його залежність від стадій зрілості статевих залоз. Крива залежності фертильності риб від концентрації сироваткових β -ліпопротеїдів має своєрідний характер. До оптимального значення в 550% мг (фертильність 78,6%) підвищення їх рівня позитивно корелює з фертильністю [43]. Надалі цей зв'язок стає протилежним, що обумовлено функціональними особливостями ооцитів. Таким чином, найбільш ефективним індикатором функціонального стану самок осетрових риб є рівень β -ліпопротеїдів сироватки крові, виміряний турбідиметричним способом, що і рекомендується А. В. Коротенко для прижиттєвого тестування репродуктивного потенціалу та відбору самок [43].

Жири та жироподібні речовини відносяться до ліпідів (ЛП). Серед них особливо важливими є: холестерин (ХС), тригліцериди (або нейтральні жири) та фосфоліпіди. Всі згадані жири і жироподібні речовини знаходяться в плазмі крові не у вільному стані, а в поєднанні з білками — у вигляді так званих білково-ліпідних комплексів, або ліпопротеїдів. Ліпопротеїди, на відміну від ліпідів, добре розчинні у воді і служать транспортною формою ліпідів в організмі будь-якої тварини [20]. Характерною особливістю осетрових риб можна вважати високий вміст загальних ЛП, рівень яких в сироватці крові коливається у осетрів від 1200 до 1500 мг/дл, а у білуги — від 900 до 1300 мг/дл. Фосфоліпіди (ФЛ) та триацилгліцериди (ТГ) є основними компонентами сироватки крові осетрових видів риб, вільного ХС в них дуже мало, а зв'язаний ХС складає лише 1/6 у осетрів і 1/4 у білуги, від загальних ЛП сироватки крові. Якщо порівнювати з людиною або деякими ссавцями, то сироватка крові осетрових «насичена» ТГ і ФЛ, тоді як пул сумарного ХС у цих риб виключно низький [44]. Відповідно до виконуваних функцій, ЛП поділяються на частки низької щільності (ЛП НЩ), відповідальні за транспорт ЛП, головним чином ХС, до клітин, і високої щільності (ЛП ВЩ), які здійснюють видалення таких з організму. ЛП риб, крім тих функцій, які притаманні тваринам і людині, здійснюють транспорт ЛП в гонади, де формуються статеві продукти. Особливо високе навантаження



спостерігається по відношенню до ЛП самок в період формування ікри. У цьому процесі беруть участь обидві групи ЛП, але головну роль виконують ЛП ВЩ, які набагато багатші ФЛ, ТГ і ефірами холестерину (ЕХС), ніж ЛП НЩ. Це обумовлено тим, що для формування ікри в процесі овогенезу потрібно набагато більше енергетичних та пластичних речовин, ніж при сперматогенезі [45]. Для порівняння ліпідного складу крові самок та самців осетрових видів риб наведена табл. 9.

Таблиця 9. Ліпідний склад сироватки крові самок та самців російського осетра, мг/дл [45]

Вид ліпідів	ЛП НЩ		ЛП ВЩ	
	♀	♂	♀	♂
Загальні ліпіди (ЛП)	230,0±12,1	190,1±11,5	1234,1±26,1	1038,1±24,3
Фосфоліпіди (ФЛ)	95,7±8,9	73,6±10,5	475,0±10,5	392,7±19,0
Фосфатидилхолін	76,0±8,0	51,0±6,0	365,0±8,7	313,0±7,8
Тригліцериди (ТГ)	106,7±8,5	82,0±9,5	531,1±14,6	449,0±15,1
Холестерин (ХС)	4,6±0,7	4,6±0,5	37,4±4,3	40,1±3,2
Ефіри холестерину (ЕХС)	23,0± 2, 8	28,0±2,7	191,0±9,4	156,0±7,2
Сумарний холестерин	27,6	32,6	228,4	196,1

Збільшення вмісту ТГ в крові свідчить про порушення ліпідного обміну в організмі або про порушення функції печінкових клітин. Однак, збільшення цього показника в крові у молоді риб пояснюється інтенсивністю росту, оскільки в даний період збільшується їх гідроліз в печінці, забезпечуючи енергією організм [40].

β-ліпопротеїди являють собою транспортну форму ліпідів і переносять переважно ХС та ФЛ [32]. Вони найбільш багаті на холестерин, містячи його до 45%. Фактично, це холестерин ліпопротеїдів низької щільності (ХС ЛП НЩ) в комплексі з білком та іншими жирами і жироподібними речовинами [20]. Як і ХС, β-ліпопротеїди тісно пов'язані з рівнем фертильності. Наприклад, на II стадії зрілості гонад (СЗГ) їх середній рівень в нормі — 5,19 г/л [43, 46].

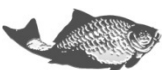
Отже, ХС (C₂₇H₄₆O) є складовою частиною спектра загальних ліпідів сироватки крові [46]. У хімічному відношенні ХС — це жировий спирт, тобто сполука, яка поєднує властивості жироподібних речовин і спиртів. Природні воскоподібні властивості ХС дозволяють йому виконувати функцію клітинного «скелету» в організмі тварин. Входячи до складу мембрани клітин, він, разом з ФЛ та білками, забезпечує вибірково проникність мембрани для речовин, що входять і виходять з неї. Без нього неможливе утворення статевих гормонів та гормонів кори надниркових залоз, а також жовчних кислот. Він необхідний для росту організму та поділу клітин. ХС забезпечує стабільність клітинних мембран в широкому інтервалі температур, що особливо важливо для пойкилотермних організмів, до яких відносяться осетрові види риб [34]. В той же час, його високий вміст в крові перешкоджає активному обміну речовин в організмі, змінюючи в'язкість крові і прохідність судин [40]. ХС надходить в організм двома шляхами: продукується ним, в основному — в печінці, та з їжею [20]. Його



низький відносний вміст в сироватці крові осетрових видів риб, з одного боку, характеризує невисоку активність обміну, а з іншого — інтенсивний перерозподіл загального комплексу ліпідів всередині організму. Наприклад, в крові нерестуючих самок відбувається сплеск відносного та абсолютного вмісту ХС, який є попередником стероїдного гормону 17- β -естрадіолу ($C_{18}H_{24}O_2$), який ініціює синтез печінкою вітелогенінів (VTG — екзогенного жовткового матеріалу білкової природи). Це є необхідною умовою для переходу статевих продуктів самок прохідних видів риб в «текучий» стан та ефективного нересту. В результаті регресійного аналізу виявлено тісний зв'язок між фертильністю і концентрацією ХС сироватки крові. Він описується наступним рівнянням регресії: $y = 2434,82 - 73156 x + 0719 x^2 - 0,00273 x^3$; $\eta = 0,8$; $P < 0,05$, де X — це концентрація ХС сироватки крові (мг%), а Y — рівень фертильності (%), $dy/dx = 0$; x (максимальне) = 125,5; y (максимальне) = 85,3. Таким чином, високий рівень ХС в сироватці крові осетрових видів риб відображає інтенсивність його накопичення в статевих продуктах та ступінь участі в процесах, пов'язаних з переходом в «текучий» стан статевих продуктів нормально дозріваючих риб [43]. Загальний ХС витрачається переважно на формування оболонки яйцеклітин, що принципово важливо при отриманні повноцінної репродуктивної ікри [47]. Середня концентрація ХС сироватки крові у осетрових риб в нормальному діапазоні складає 0,38–1,00 г/л [46].

Вміст глюкози ($C_6H_{12}O_6$) в крові осетрових видів риб є одним з інформативних біохімічних показників їх фізіологічного стану, оскільки вона використовується як безпосереднє джерело енергії, поряд з жирними кислотами [30]. Під впливом адреналіну (епінефрину) глюкоза мобілізується з печінки, як результат розщеплення глікогену ($C_{24}H_{42}O_{21}$). Швидкість її розпаду та окиснення, а також можливість швидкого вилучення з «депо» забезпечують екстрену мобілізацію енергетичних ресурсів в умовах невідомо наростаючих витрат енергії, наприклад в стресових ситуаціях. Якщо ситуація, яка викликала стрес, не короткочасна, як, наприклад, хронічний токсикоз, то виникає необхідність у переході на більш потужну енергетичну базу, що й забезпечується введенням в дію жиромобілізуючих гормонів гіпофізу. В першу чергу — ліпотропіну, адренотропіну (кортикотропіну), соматотропіну (гормону росту) та лютеотропіну (пролактину). Вони стимулюють виділення з жирових запасів жирних кислот, які забезпечують організму більше енергії, ніж глюкоза [20, 40]. На відміну від вищих хребетних тварин у осетрових риб не виявляється суворої сталості вмісту глюкози в крові та глікогену в печінці. [9] Так, рівень глюкози в крові є м'якою константою гомеостазу у осетрових видів риб. Її підвищений вміст свідчить про інтенсивний розпад глікогену в печінці або про відносно слабе використання глюкози тканинами. Навпаки, знижений вміст — про вичерпання запасів глікогену в печінці або про інтенсивне використання глюкози тканинами організму. За зміною вмісту глюкози в крові судять про швидкість її аеробного окиснення в тканинах організму при м'язевій діяльності та інтенсивності мобілізації глікогену печінки [34]. Слід зазначити, що у осетрових видів риб рівень глюкози в крові з віком не змінюється [30]. В той же час, у самок севрюги і осетра вміст глюкози трохи вище, ніж у самців. Також, в літній період вміст глюкози значно вище, ніж в осінньо-зимовий, що пояснюється зниженням інтенсивності обміну речовин під час зимівлі [9].

Ферменти сироватки крові осетрових видів риб представлені, в першу чергу,



лізоцимом (мурамідазою), α -гідроксибутиратдегідрогеназою (ЛДГ-1), γ -глутаміл-трансферазою (ГТТ), лактатдегідрогеназою (LD), аспартат-амінотрансферазою (АСТ), лужною фосфатазою (ALP) та аланінамінотрансферазою (АЛТ). Рівень активності того чи іншого ферменту видоспецифічний та схильний до сезонних змін [48]. Нижче розглянемо детальніше декотрі з них, аналіз яких використовується в осетрівництві.

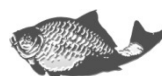
Зокрема, лізоцим (КФ 3.2.1.17) є важливим показником як загального фізіологічного стану організму, так і гуморального імунітету. Він бере участь у регуляції проникності мембран та тканинних бар'єрів. Лізоцим здатний нейтралізувати коккову флору, розчиняючи муреїновий шар клітинної стінки, а також бере активну участь у загальній регуляції імунної відповіді. Так, тільки в присутності лізоциму імунні комплекси здатні активувати систему комплементу та «підключати» її до антимікробного захисту [49]. У осетрових видів риб цей фермент проявляє високу активність в морський період їх життя. Однак характер його розподілу в організмі в залежності від солоності води не змінюється: найбільш багаті лізоцимом тканини нирок, менш — селезінка, печінка та сироватка крові. Рівень активності лізоциму в сироватці крові видоспецифічний. Так, у білуги і російського осетра він вище, ніж у севрюги. Діапазон індивідуальних коливань концентрації ферменту становить 0,9–6,4 мкг/мл у сироватці крові білуги та 0,7–15,5 мкг/мл в сироватці крові російського осетра, при середніх значеннях $2,9 \pm 0,6$ і $3,8 \pm 0,6$ мкг/мл відповідно [42]. Лізоцим важливий для підтримки гомеостазу в період адаптації до різких змін середовища і, таким чином, може служити раннім біомаркером порушення захисних механізмів. За хронічній дії стресорів різноманітної етіології рівень активності лізоциму сироватки крові знижується, однак на початкових етапах негативного впливу їй притаманна досить різкі коливання [49].

АСТ — клітинний фермент, що бере участь в обміні амінокислот, рівень активності якого вище у нормально дозріваючих ремонтно-маточних стад та плідників [28].

ALP каталізує процес відщеплення фосфорорганічного залишку від органічних донорів. Найчастіше її вміст збільшується не за рахунок механічного накопичення та вивільнення в кров, а через нейрогенну або хронічну індукцію синтезу. Рівень активності цього ферменту знаходиться в зворотній кореляції з масою тіла [34]. Збільшення концентрації ALP в крові риб свідчить про порушення цілісності деяких клітин печінки і кишечника, а значне зменшення — про позитивні зміни в фізіологічному стані риб [40].

АЛТ — фермент печінки, який бере участь в обміні амінокислот. Його вивільнення в кров відбувається при порушеннях внутрішньої структури гепатоцитів та підвищенні проникності клітинних мембран. Тому він вважається індикаторним ферментом або маркером порушень функцій печінки будь-якої природи [28]. Таким чином, рівень активності АЛТ в сироватці крові ремонтно-маточних стад та плідників осетрових видів риб залежить від їх фізіологічного стану [48].

Іонний склад плазми крові осетрових видів риб зокрема, склад катіонів (позитивно заряджених іонів), змінюється в різні періоди їх життєвого циклу, пов'язані з діадромними міграціями. Концентрація окремих катіонів плазми крові



самок осетрових видів риб IV СЗГ відрізняється від їх концентрації в плазмі самців (табл. 10) [50].

Таблиця 10. Катіони плазми крові різностатевих осетрових видів риб, мекв/л [50]

Катіон	Вид риб			
	Осетер		Севрюга	
	♀	♂	♀	♂
Ca ⁺	4,3	2,2	3,9	2,1
Mg ⁺	1,61	0,80	1,46	0,76
Na ⁺	121,0	119,0	108,0	122,0
K ⁺	2,6	3,4	2,3	3,1

Фотометричний аналіз плазми крові свідчить про близьке співвідношення концентрації натрію, калію, кальцію та магнію у осетра і севрюги, що входять в річку на нерест навесні. Плазма крові білуги відрізняється більшою концентрацією магнію та меншою — калію [50, 51].

ВИСНОВКИ

Оскільки кров — це одна з найбільш лабільних систем організму, то її склад залежить від багатьох біотичних і абіотичних факторів. Патологічні зміни гематологічних показників риб виникають при інвазіях, токсикозах, дефіциті кисню, харчових отруєннях тощо. Показники клітин червоної і білої крові, реагуючи зміною співвідношення між окремими формами клітин і інтенсивністю лімфо-, грануло- та еритропоезу, адекватно відображають функціональний стан осетрових видів риб. Зокрема, підвищення частки лімфоцитів та моноцитів при відносному зниженні гранулоцитів (нейтрофілів та еозинофілів) свідчить про високий імунний статус, а зміщення балансу показників білої крові в бік гранулоцитів, є відображенням несприятливих змін в організмі. Фракційний склад білків сироватки крові використовується в якості тонкого індикатора особливостей стану риб, що визначається як внутрішніми біологічними ритмами, так і впливом різноманітних факторів зовнішнього середовища. Низький рівень ліпідів в сироватці крові може свідчити як про інтенсифікацію їх використання на потреби організму, так і ослабленні функціональної активності печінки. Умови існування накладають відбиток на морфологічний склад і кількісні показники червоної і білої крові риб. Склад крові змінюється в залежності від температури води, її хімічного складу, кількості і якості згодовуваних кормів, віку, статі, СЗГ, щільності посадки і багатьох інших чинників.

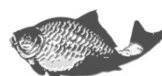
Таким чином, кров є одним з основних показників фізіологічного стану організму. У зв'язку з цим, правильна і своєчасна діагностика морфологічних змін крові дозволяє виявити дисбаланс або патологію в організмі риб, оцінити якість їх молоді.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лукьяненко В. В. Эколого-физиологические особенности фракционного состава гемоглобина крови осетровых рыб / В. В. Лукьяненко, В. И. Лукьяненко. — Ярославль : ВВО РЭА, 2002. — 260 с.
2. Лукьяненко В. В. Своеобразие фракционного состава гемоглобина сахалинского осетра / В. В. Лукьяненко // Осетровое хозяйство водоёмов



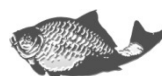
- СССР : Всесоюзное совещание, ноябрь 1989 г., г. Астрахань, Россия : крат. тезисы науч. докл. — Волгоград : Волгоградская правда, 1989. — С. 190—192.
3. Киреева И. Ю. Оценка физиологического состояния производителей русского осетра / И. Ю. Киреева, И. С. Кононенко // Научные ведомости. — 2010. — Вып. 12, № 15(86). — С. 94—97. — (Серия : Естественные науки).
 4. Житенева Л. Д. Эволюция крови [Электронный ресурс] / Житенева Л. Д., Макаров Э. В., Рудницкая О. А. — Режим доступа : <http://bubook.net/book/70-yevolyuciya-krovi-ld-zhiteneva-yev-makarov-0a-rudnickaya/20-xryashhevyeganoidy.html>.
 5. Житенева Л. Д. Экологические закономерности ихтиогематологии / Житенева Л. Д. — Ростов н/Д. : АзНИИРХ, 2000. — 56 с.
 6. Житенева Л. Д. Основы ихтиогематологии (в сравнительном аспекте) / Житенева Л. Д., Макаров Э. В., Рудницкая О. А. — Ростов н/Д. : Эверест, 2004. — 312 с.
 7. Опыт выращивания гибрида «Русский осетр × ленский осетр (*Acipenser queldenstqdtii* Brandt et Ratzeburg, 1833 × *Acipenser baerii*, Brandt 1869)» в установке замкнутого водоснабжения / О. А. Левина, И. П. Степанова, Г. Ф. Металлов [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. — 2015. — № 3. — С. 17—25.
 8. Лапухин Ю. А. Сезонная динамика показателей крови у рыб в УЗВ / Ю. А. Лапухин // VI Ежегодная науч. конф. студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН, 19-30 апр. 2010 г., г. Ростов-на-Дону, Россия : тезисы докл. — Ростов н/Д. : Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. — С. 29—30.
 9. Дохолян В. К. Динамика биохимических показателей крови некоторых видов рыб Каспия / В. К. Дохолян, Г. С. Битюцкая // Всесоюзная конф. по экологической физиологии рыб, 24-26 янв. 1973 г., г. Москва, Россия : тезисы докл. — М. : Экспериментальная печатно-множительная лаборатория ЦНИИТЭИРХ, 1973. — С. 167—169.
 10. Сенникова В. Д. Динамика гематологических показателей ленского осетра на разных стадиях зрелости / В. Д. Сенникова // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. — 2012. — Вып. 28. — С. 133—142.
 11. Лукьяненко В. И. Влияние экстремальных условий приплотинной зоны реки на осетровых рыб / Лукьяненко В. И., Дубинин В. И., Сухопарова А. Д. — Рыбинск : ИБВВ им. И. Д. Папанина, 1990. — 272 с.
 12. Дехтярьов П. А. Фізіологія риб : підручник / Дехтярьов П. А., Євтушенко М. Ю., Шерман І. М. — К. : Аграрна освіта, 2008. — 341 с.
 13. Худая Л. В. Особенности функционирования системы восстановления метгемоглобина в эритроцитах стерляди при нитритной интоксикации / Л. В. Худая, А. И. Худый, М. М. Марченко // Биология внутренних вод. — 2015. — № 2. — С. 99—104.
 14. Сементина Е. В. Ихтиогематологические показатели как критерий условий выращивания и обитания рыб : дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.02.06 «Ихтиология» / Сементина Е. В. — Калининград, 2011. — 241 с.
 15. Лукьяненко В. И. Гетерогенность и полиморфизм гемоглобина рыб / Лукьяненко В. И., Васильев А. С., Лукьяненко В. В. — СПб. : Наука, 1991. — 392 с.



16. Бахарева А. А. Научно-обоснованные методы повышения продуктивности ремонтно-маточных стад осетровых рыб за счет оптимизации технологии кормления и содержания в условиях рыбоводных хозяйств Волго-Каспийского бассейна : дис. ... докт. с-х. наук : спец. 06.02.08 «Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов» / Бахарева А. А. — Астрахань, 2016. — 323 с.
17. Васильев А. С. Осмотическая резистентность эритроцитов и концентрация внеэритроцитарного гемоглобина у русского осетра с различной степенью расслоения мышечной ткани / А. С. Васильев // Осетровое хозяйство водоёмов СССР : Всесоюз. совещание, ноябрь 1989 г., г. Астрахань, Россия : тезисы докл. — Волгоград : Волгоградская правда, 1989. — С. 41—42.
18. Кудрявцев А. А. Гематология животных и рыб / Кудрявцев А. А., Кудрявцева Л. А., Привольнев Т. И. — М. : Колос, 1969. — 320 с.
19. Справочник по физиологии рыб / [Яржомбек А. А., Лиманский В. В., Щербина Т. В. и др.] ; ред. Яржомбек А. А. — М. : Агропромиздат, 1986. — 192 с.
20. Многолетний мониторинг физиологического состояния основных видов каспийских осетровых рыб / Г. Ф. Металлов, П. П. Гераскин, В. П. Аксёнов, О. А. Левина [и др.]. — Вестник АГТУ. — 2016. — № 1. — С. 88—98. — (Серия : Рыбное хозяйство).
21. Хабаров М. В. Альбуминовая система сыворотки крови разных по экологии видов осетровых рыб : дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.00.16 «Экология» / Хабаров М. В. — Ярославль, 2005. — 247 с.
22. Гистофизиологические и биохимические показатели качества молоди осетровых [Электронный ресурс]. — Режим доступа : http://studbooks.net/1092809/agropromyshlennost/gistofiziologicheskie_biohimicheskie_pokazateli_kachestva_molodi_osetrovyh.
23. Коржуев П. А. Физиолого-биохимическая характеристика крови производителей осетровых рыб / П. А. Коржуев // Осетровое хозяйство в водоёмах СССР. — М. : АН СССР; Рыбное хозяйство. — 1963. — С. 69—74.
24. Рябцева И. П. Идентичность фракционного состава гемоглобина каспийской белуги в морской и речной периоды жизни / И. П. Рябцева, В. В. Лукьяненко // Осетровое хозяйство водоёмов СССР : Всесоюз. совещание, ноябрь 1989 г., г. Астрахань, Россия : тезисы докл. — Волгоград : Волгоградская правда, 1989. — С. 286—288.
25. Васильев А. С. Гетерогенность, полиморфизм и функциональные свойства гемоглобинов рыб : дис. ... докт. биол. наук : спец. 03.00.10 «Ихтиология» / Васильев А. С. — Ярославль, 1999. — 594 с.
26. Камшилов И. М. Эффект Бора в характеристике буферных свойств гемоглобина рыб / И. М. Камшилов, Р. А. Запруднова // Труды Карельского научного центра РАН. — 2013. — № 3. — С. 190—193.
27. Камшилов И. М. Функциональные свойства гемоглобина у разных по экологии групп рыб : дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.00.16 «Экология» / Камшилов И. М. — Борок, 1999. — 140 с.
28. Зименс Ю. Н. Влияние повышенных доз йода на рост, развитие и товарные качества ленского осетра при выращивании в установке замкнутого водоснабжения : дис. ... канд. с-х. наук : спец. 06.02.08 «Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов» / Зименс Ю. Н. — Саратов, 2014. — 116 с.



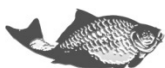
29. Житенева Л. Д. Тромбоциты рыб и других групп позвоночных / Житенева Л. Д., Макаров Э. В., Рудницкая О. А. — Ростов н/Д. : СКНЦ ВШ, 2003. — 72 с.
30. Корабельникова О. В. Физиолого-биохимические показатели осетровых рыб (*Acipenseridae* Bonaparte, 1832) при выращивании в промышленных хозяйствах : дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.00.10 «Ихтиология» / Корабельникова О. В. — М., 2009. — 145 с.
31. Сырбулов Д. Н. Гематологические показатели ремонтно-маточного стада стерляди, содержащегося на волгоградском осетровом рыбноводном заводе [Электронный ресурс] / Сырбулов Д. Н. — Режим доступа : <http://splanet.ru/referat9/referat-1490684.php>.
32. Гераскин П. П. Реакции организма каспийских осетровых (*Acipenseridae*) на загрязнение среды обитания : дис. ... докт. биол. наук : спец. 03.03.01 «Физиология» / Гераскин П. П. — М., 2013. — 418 с.
33. Игумнова Л. В. Патологическое состояние производителей и молоди осетровых Нижней Волги [Электронный ресурс] / Игумнова Л. В. — Режим доступа : <http://ribovodstvo.com/books/item/f00/s00/z0000023/st023.shtml>.
34. Пронина Г. И. Референсные значения физиолого-иммунологических показателей гидробионтов разных видов / Г. И. Пронина, Н. Ю. Корягина // Вестник АГТУ. — 2015. — № 4. — С. 103—108. — (СЕРИЯ : Рыбное хозяйство).
35. Давыдов О. Н. Патология крови рыб / Давыдов О. Н., Темниханов Ю. Д., Куровская Л. Я. — К. : ИНКОС, 2006. — 206 с.
36. Абдуллаева Н. М. Изучение физиологического состояния осетровых рыб среднего Каспия / Н. М. Абдуллаева, М. Г. Рамазанова, М. М. Габибов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2016. — Т. 18, № 2. — С. 7—9.
37. Лапирова Т.Б. Влияние перметрина на лейкоцитарную формулу молоди осетра / Т. Б. Лапирова // Токсикологический вестник. — 2009. — № 6(99). — С. 21—25.
38. Сенникова В. Д. Динамика показателей крови разнополых особей ленского осетра в сезонном аспекте / В. Д. Сенникова // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. — 2012. — Вып. 28. — С. 153—161.
39. Федоров Р. А. Особенности транскапиллярного обмена белков плазмы крови у пресноводных костных рыб / Р. А. Федоров, А. М. Андреева // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера XXVIII : Междунар. конф., 5-8 окт. 2009 г., г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия : матер. докл. — Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2009. — С. 583—585.
40. Мухрамова А. А. Оценка состояния молоди русского осетра по рыбноводно-биологическим параметрам и биохимическим показателям крови после кормления экспериментальными кормами / А. А. Мухрамова // Вестник КазНУ. — 2012. — № 1(33). — С. 103—106. — (Серия : Экологическая).
41. Баль Н. В. Фракционный состав сывороточных белков русского осетра с признаками миопатии / Н. В. Баль, П. П. Гераскин, Э. А. Мишин // Осетровое хозяйство водоёмов СССР : Всесоюз. совещание, ноябрь 1989 г., г. Астрахань, Россия : тезисы докл. — Волгоград : Волгоградская правда, 1989. — С. 16—20.



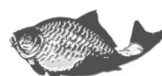
42. Субботкин М. Ф. Сравнительный иммунохимический анализ сывороточных белков двух видов осетров Каспийского бассейна / Субботкин М. Ф. // Осетровое хозяйство водоёмов СССР : Всесоюз. совещание, ноябрь 1989 г., г. Астрахань, Россия : тезисы докл. — Волгоград : Волгоградская правда, 1989. — С. 305—310.
43. Коротенко А. В. Самки русского осетра с различными физиолого-рыбоводными характеристиками / А. В. Коротенко // Естественные науки. — 2011. — № 1(34). — С. 157—161.
44. Липопротеиды крови осетровых (*Acipenseridae*) рыб [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.ecologyreality.ru/ecolits-604-4.html>.
45. Регеранд Т. И. Роль различных факторов в формировании липидного состава липопротеидов рыб / Т. И. Регеранд, М. В. Лизенко, Е. И. Лизенко // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера : XXVIII Междунар. конф., 5-8 окт. 2009 г., г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия : матер. докл. — Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2009. — С. 465—470.
46. Золотухина В. А. Физиолого-биохимическая характеристика осетровых рыб в различные периоды годового цикла / В. А. Золотухина // VII Ежегодной научн. конф. студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН, 11-25 апр. 2011 г., г. Ростов-на-Дону, Россия : матер. докл. — Ростов н/Д. : ЮНЦ РАН, 2011. — С. 22—23.
47. Садлер Д.-А. А. Качественная оценка продукционных стад русского осетра в зависимости от условий содержания / Д.-А. А. Садлер, А. А. Кокоза, О. Н. Загребина // Вестник АГТУ. — 2012. — № 1. — С. 175—180. — (Серия : Рыбное хозяйство).
48. Барулин Н. В. Активность аминотрансфераз в сыворотке крови осетрообразных рыб в условиях аквакультуры / Н. В. Барулин // Молодёжь и инновации : Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых с международным участием, 29-31 мая 2013 г., г. Горки, Беларусь : матер. докл. — Минск : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. — С. 158—160.
49. Лапирова Т. Б. Реакция иммунофизиологических показателей молоди сибирского осетра (*Acipenser baerii* Brandt) на действие перметрина / Т. Б. Лапирова // Вестник Томского государственного университета. Биология. — 2011. — № 4 (16) — С. 124—135.
50. Краюшкина Л. С. Катионный состав плазмы крови осетровых в период нерестовой миграции и при экспериментальном солевом воздействии / Л. С. Краюшкина // Всесоюз. конф. по экологической физиологии рыб, 24-26 янв. 1973 г., г. Москва, Россия : тезисы докл. — М. : Экспериментальная печатно-множительная лаборатория ЦНИОРХ Москва, 1973. — С. 153—155.
51. Бойко Н. Е. Физиологические механизмы адаптивных функций в раннем онтогенезе русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt : дис. ... докт. биол. наук : спец. 03.00.13 «Физиология» / Бойко Н. Е. — СПб., 2008. — 224 с.

REFERENCES

1. Luk'yanenko, V. V., & Luk'yanenko, V. I. (2002). *Ekologo-fiziologicheskoe osobennosti fraktsionnogo sostava gemoglobina krovi osetrovyykh ryb*. Yaroslavl' : VVO REA.



2. Luk'yanenko, V. V. (1989). Svoeobrazie fraktsionnogo sostava gemoglobina sakhalinskogo osetra. *Osetrovoe khozyaystvo vodoemov SSSR : Vsesoyuznoe soveshchaniye, noyabr', 1989, Astrakhan', Rossiya*. Volgograd : Volgogradskaya pravda, 190-192.
3. Kireeva, I. Yu., & Kononenko, I. S. (2010). Otsenka fiziologicheskogo sostoyaniya proizvoditeley russkogo osetra. *Nauchnye vedomosti. Seriya Estestvennye nauki, 12, 15(86)*, 94-97.
4. Zhiteneva, L. D., Makarov, E. V., & Rudnitskaya, O. A. Evolyutsiya krovi. *bubook.net*. Retrieved from : <http://bubook.net/book/70-yevoluyuciya-krovi-ld-zhiteneva-yeve-makarov-oa-rudnickaya/20-xryashhevye-ganoidy.html>.
5. Zhiteneva, L. D. (2000). *Ekologicheskie zakonomernosti ikhtiogematologii*. Rostov-na-Donu : AzNIIRKh.
6. Zhiteneva, L. D., Makarov, E. V., & Rudnitskaya, O. A. (2004). *Osnovy ikhtiogematologii (v sravnitel'nom aspekte)*. Rostov-na-Donu : Everest.
7. Levina, O. A., Stepanova, I. P., Metallov, G. F., & Sorokina, M. N. (2015). Opyt vyrashchivaniya gibrida «Russkiy osetr × lenskiy osetr (*Acipenser queldenstqdtii* Brandt et Ratzeburg, 1833 × *Acipenser baerii* Brandt 1869)» v ustanovke zamknutogo vodosnabzheniya. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya, 3*, 17-25.
8. Lapukhin, Yu. A. (2011). Sezonnaya dinamika pokazateley krovi u ryb v UZV. *VI Ezhegodnaya nauchnaya konferentsiya studentov i aspirantov bazovykh kafedr Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN, 19-30 aprelya 2010, Rostov-na-Donu, Rossiya*. Rostov-na-Donu : YuNTs RAN, 29-30.
9. Dokholyan, V. K., & Bityutskaya, G. S. (1973) Dinamika biokhimicheskikh pokazateley krovi nekotorykh vidov ryb Kaspiya. *Vsesoyuznaya konferentsiya po ekologicheskoy fiziologii ryb, 24-26 yanvarya 1973, Moskva, Rossiya*. Moskva : Eksperimental'naya pechatno-mnozhitel'naya laboratoriya TsNIITEIRKh, 167-169.
10. Sennikova, V. D. (2012). Dinamika gematologicheskikh pokazateley lenskogo osetra na raznykh stadiyakh zrelosti. Ageets, V. Yu. (Ed.). *Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi, 28*, 133-142.
11. Luk'yanenko, V. I., Dubinin, V. I., & Sukhoparova, A. D. (1990). *Vliyanie ekstremal'nykh usloviy priplotinnoy zony reki na osetrovykh ryb*. Rybinsk : Institut biologii vnutrennikh vod im. I. D. Papanina.
12. Dekhtiarov, P. A., Yevtushenko, M. Yu., & Sherman, I. M. (2008). *Fiziologiya ryb: pidruchnyk*. Kyiv : Ahrarna osvita.
13. Khudaya, L. V., Khudy, A. I., & Marchenko M. M. (2015). Osobennosti funktsionirovaniya sistemy vosstanovleniya metgemoglobina v eritrotsitakh sterlyadi pri nitritnoy intoksikatsii. *Biologiya vnutrennikh vod, 2*, 99-104.
14. Sementina, E. V. (2011). Ikhtiogematologicheskie pokazateli kak kriteriy usloviy vyrashchivaniya i obitaniya ryb. *Candidate's thesis*. Kaliningrad.
15. Luk'yanenko, V. I., Vasil'ev, A. C., & Luk'yanenko, V. V. (1991). *Geterogenost' i polimorfizm gemoglobina ryb*. Sankt-Peterburg : Nauka.
16. Bakhareva, A. A. (2016). Nauchno-obosnovannye metody povysheniya produktivnosti remontno-matochnykh stad osetrovykh ryb za schet optimizatsii tekhnologii kormleniya i soderzhaniya v usloviyakh rybovodnykh khozyaystv Volgo-Kaspiyskogo basseyna. *Doctor's thesis*. Astrakhan'.
17. Vasil'ev, A. S. (1989). Osmoticheskaya rezistentnost' eritrotsitov i kontsentratsiya vneeritrotsitarnogo gemoglobina u russkogo osetra s razlichnoy stepen'yu rassloeniya myshechnoy tkani. *Osetrovoe khozyaystvo vodoemov SSSR :*



- Vsesoyuznoe soveshchanie, noyabr', 1989, Astrakhan', Rossiya. Volgograd : Volgogradskaya pravda, 41-42.*
18. Kudryavtsev, A. A., Kudryavtseva, L. A., & Privol'nev, T. I. (1969). *Gematologiya zhivotnykh i ryb*. Moskva : Kolos.
 19. Yarzhombek, A. A., Limanskiy, V. V., & Shcherbina, T. V. et al. (1986). *Spravochnik po fiziologii ryb*. Yarzhombek, A. A. (Ed.). Moskva : Agropromizdat.
 20. Metallov, G. F., Geraskin, P. P., Aksenov, V. P., & Levina, O. A. (2016). Mnogoletniy monitoring fiziologicheskogo sostoyaniya osnovnykh vidov kaspiskikh osetrovyykh ryb. *Vestnik AGTU, 1*, 88-98.
 21. Khabarov, M. V. (2005). Al'buminovaya sistema syvorotki krovi raznykh po ekologii vidov osetrovyykh ryb. *Candidate's thesis*. Yaroslavl'.
 22. Gistofiziologicheskie i biokhimicheskie pokazateli kachestva molodi osetrovyykh. *studbooks.net*. Retrieved from : http://studbooks.net/1092809/agropromyshlennost/gistofiziologicheskie_biokhimicheskie_pokazateli_kachestva_molodi_osetrovykh.
 23. Korzhuev, P. A. (1963). Fiziologo-biokhimicheskaya kharakteristika krovi proizvoditeley osetrovyykh ryb. *Osetrovoe khozyaystvo v vodoemakh SSSR*. Moskva : AN SSSR ; Rybnoe khozyaystvo, 69-74.
 24. Ryabtseva, I. P., & Luk'yanenko, V. V. (1989). Identichnost' fraktsionnogo sostava gemoglobina kaspiskoy belugi v morskoy i rechnoy periody zhizni. *Osetrovoe khozyaystvo vodoemov SSSR : Vsesoyuznoe soveshchanie, noyabr', 1989, Astrakhan', Rossiya*. Volgograd : Volgogradskaya pravda, 286-288.
 25. Vasil'ev, A. S. (1999). Geterogenost', polimorfizm i funktsional'nye svoystva gemoglobinov ryb. *Doctor's thesis*. Yaroslavl'.
 26. Kamshilov, I. M., & Zaprudnova, R. A. (2013). Effekt Bora v kharakteristike bufernykh svoystv gemoglobina ryb. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN, 3*, 190-193.
 27. Kamshilov, I. M. (1999). Funktsional'nye svoystva gemoglobina u raznykh po ekologii grupp ryb. *Candidate's thesis*. Borok.
 28. Zimens, Yu. N. (2014). Vliyanie povyshennykh doz yoda na rost, razvitie i tovarnye kachestva lenskogo osetra pri vyrashchivanii v ustanovke zamknutogo vodosnabzheniya. *Candidate's thesis*. Saratov.
 29. Zhiteneva, L. D., Makarov, E. V., & Rudnitskaya, O. A. (2003). *Trombotsity ryb i drugikh grupp pozvonochnykh*. Rostov-na-Donu : SKNTs VSH.
 30. Korabel'nikova, O. V. (2009). Fiziologo-biokhimicheskie pokazateli osetrovyykh ryb (*Acipenseridae* Bonaparte, 1832) pri vyrashchivanii v industrial'nykh khozyaystvakh. *Candidate's thesis*. Moskva.
 31. Syrbulov, D. N. Gematologicheskie pokazateli remontno-matochnogo stada sterlyadi, sodержashchegosya na volgogradskom osetrovom rybovodnom zavode. *splanet.ru*. Retrieved from : <http://splanet.ru/referat9/referat-1490684.php>.
 32. Geraskin, P. P. (2013). Reaktsii organizma kaspiskikh osetrovyykh (*Acipenseridae*) na zagryaznenie sredi obitaniya. *Doctor's thesis*. Moskva.
 33. Igumnova, L. V. Patologicheskoe sostoyanie proizvoditeley i molodi osetrovyykh Nizhney Volgi. *ribovodstvo.com*. Retrieved from : <http://ribovodstvo.com/books/item/f00/s00/z0000023/st023.shtml>.
 34. Pronina, G. I., & Koryagina, N. Yu. (2015). Referensnye znacheniya fiziologo-immunologicheskikh pokazateley gidrobiontov raznykh vidov. *Vestnik AGTU, 4*, 103-108.
 35. Davydov, O. N., Temnikhanov, Yu. D., & Kurovskaya, L. Ya. (2006). *Patologiya krovi ryb*. Kiev : INKOS.



36. Abdullaeva, N. M., Ramazanova, M. G., & Gabibov, M. M. (2016). Izuchenie fiziologicheskogo sostoyaniya osetrovyykh ryb srednego Kaspiya. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 18, 2, 7-9.
37. Lapirova, T. B. (2009). Vliyanie permetrina na leykotsitarnuyu formulu molodi osetra. *Toksikologicheskiiy vestnik*, 6(99), 21-25.
38. Sennikova, V. D. (2012). Dinamika pokazateley krovi raznopolykh osobey lenskogo osetra v sezonnom aspekte. *Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi*, 153-161.
39. Fedorov, R. A., & Andreeva, A. M. (2009). Osobennosti transkapillyarnogo obmena belkov plazmy krovi u presnovodnykh kostnykh ryb. *Biologicheskie resursy Belogo morya i vnutrennikh vodoemov Evropeyskogo Severa : XXVIII Mezhdunar. konf., 5-8 oktyabrya 2009, Petrozavodsk, Respublika Kareliya, Rossiya*. Petrozavodsk : KarNTs RAN, 583-585.
40. Mukhramova, A. A. (2012). Otsenka sostoyaniya molodi russkogo osetra po rybovodno-biologicheskim parametram i biokhimicheskim pokazatelyam krovi posle kormleniya eksperimental'nymi kormami. *Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya*, 1(33), 103-106.
41. Bal', N. V., Geraskin, P. P., & Mishin, E. A. (1989). Fraktsionnyy sostav syvorotochnykh belkov russkogo osetra s priznakami miopatii. *Osetrovoe khozyaystvo vodoemov SSSR : Vsesoyuznoe soveshchanie, noyabr', 1989, Astrakhan', Rossiya*. Volgograd : Volgogradskaya pravda, 16-20.
42. Subbotkin, M. F. (1989). Sravnitel'nyy immunokhimicheskiiy analiz syvorotochnykh belkov dvukh vidov osetrov Kaspiyskogo basseyna. *Osetrovoe khozyaystvo vodoemov SSSR : Vsesoyuznoe soveshchanie, noyabr', 1989, Astrakhan', Rossiya*. Volgograd : Volgogradskaya pravda, 305-310.
43. Korotenko, A. V. (2011). Samki russkogo osetra s razlichnymi fiziologo-rybovodnymi kharakteristikami. *Estestvennyye nauki*, 1(34), 157-161.
44. Lipoproteidy krovi osetrovyykh (*Acipenseridae*) ryb. *ecologyreality.ru*. Retrieved from : <http://www.ecologyreality.ru/ecolits-604-4.html>.
45. Regerand, T. I., Lizenko, M. V., & Lizenko, E. I. (2009). Rol' razlichnykh faktorov v formirovaniy lipidnogo sostava lipoproteidov ryb. *Biologicheskie resursy Belogo morya i vnutrennikh vodoemov Evropeyskogo Severa : XXVIII Mezhdunar. konf., 5-8 oktyabrya 2009, Petrozavodsk, Respublika Kareliya, Rossiya*. Petrozavodsk : KarNTs RAN, 465-470.
46. Zolotukhina, V. A. (2011). Fiziologo-biokhimicheskaya kharakteristika osetrovyykh ryb v razlichnye periody godovogo tsikla. *VII Ezhegodnaya nauchnaya konferentsiya studentov i aspirantov bazovykh kafedr Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN, 11-25 aprelya 2011, Rostov-na-Donu, Rossiya*. Rostov-na-Donu : YuNTs RAN, 22-23.
47. Sadler, D.-A. A., Kokoza, A. A., & Zagrebina, O. N. (2012). Kachestvennaya otsenka produktsionnykh stad russkogo osetra v zavisimosti ot usloviy soderzhaniya. *Vestnik AGTU*, 1, 175-180.
48. Barulin, N. V. (2013). Aktivnost' aminotferaz v syvorotke krovi osetroobaznykh ryb v usloviyakh akvakul'tury. *Molodezh' i innovatsii : Mezhdunarod. nauchno-prakt. konf. molodykh uchennykh s mezhdunarodnym uchastiem, 29-31 maya 2013., Gorki, Belarus'*. Minsk : Belorusskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 158-160.



49. Lapirova, T. B. (2011). Reaktsiya immunofiziologicheskikh pokazateley molodi sibirskogo osetra (*Acipenser baerii* Brandt) na deystvie perimetrina. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*, 4 (16), 124-135.
50. Krayushkina, L. S. (1973). Kationnyy sostav plazmy krovi osetrovyykh v period nerestovoy migratsii i pri eksperimental'nom solevom vozdeystvi. *Vsesoyuz. konf. po ekologicheskoy fiziologii ryb, 24-26 yanvarya 1973, Moskva, Rossiya*. Moskva : Eksperimental'naya pechatno-mnozhitel'naya laboratoriya TsNIORKh, 153-155.
51. Boyko, N. E. (2008). Fiziologicheskie mekhanizmy adaptivnykh funktsiy v rannem ontogeneze russkogo osetra *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt. *Doctor's thesis*. Sankt-Peterburg.

ОСНОВНЫЕ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОСЕТРОВЫХ ВИДОВ РЫБ (*ACIPENSERIDAE*) (ОБЗОР)

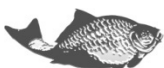
М. Ю. Симон, seemann.sm@gmail.com, Институт рыбного хозяйства НААН, г. Киев

Цель. Проанализировать научные источники по физиолого-биохимическим, экологическим и генетическим особенностям основных гематологических показателей и закономерностей их изменчивости у осетровых видов рыб (*Acipenseridae*). Рассмотреть основополагающие моменты липидного и белкового обмена в сыворотке крови и влияние на них биотических и абиотических факторов. Осветить общие черты ферментов сыворотки крови.

Результаты. Обзор научных работ выявил, что хотя гематологические показатели осетровых рыб в целом аналогичны таковым у костистых рыб и млекопитающих, есть ряд существенных отличий. Кроме того, многим гематологическим показателям свойственна видовая специфичность даже в пределах семейства. Отдельного внимания заслуживает изменчивость гематологических показателей под влиянием факторов как внутренней, так и внешней среды. В работе описано влияние пола и возраста, а также сезона времени года на состав крови осетровых. Изложены основы использования белков сыворотки крови в генетических и популяционных исследованиях. Показаны особенности функционирования гемоглобина эритроцитов осетровых. Рассмотрены основные гематологические показатели при формировании и созревании половых продуктов, их влияние на фертильность. Описан ионный состав крови.

Практическая значимость. Систематизированные данные по основным гематологическим показателям и закономерностям их изменчивости у осетровых видов рыб будут полезны как для научных исследователей, так и в практике фермеров-рыбоводов. Это обусловлено тем, что анализ крови как наиболее лабильной системы организма, не только четко отражает физиологическое состояние особи в конкретно заданных условиях существования, но и используется в генетических и популяционных исследованиях. Таким образом, знание основных закономерностей формирования состава крови осетровых рыб необходимо для дальнейших исследований в рыбохозяйственной науке. Массив обобщенной информации будет полезным при формировании ремонтно-маточных стад, оценке качества молоди, определении степени готовности производителей к нересту, при ихтиопатологических ситуациях на хозяйствах и т. д.

Ключевые слова: осетровые виды рыб (*Acipenseridae*), гематологические показатели, красная кровь, гематокрит, гемоглобин, белая кровь, лейкоцитарная формула осетровых, липопротеиды, лизоцим осетровых, фертильность, белки сыворотки крови, альбумин, глобулины, глюкоза.



**MAIN HEMATOLOGICAL PARAMETERS
OF STURGEON SPECIES (ACIPENSERIDAE) (REVIEW)**

M. Simon, seemann_sm@gmail.com, Institute of Fisheries NAAS, Kyiv

Purpose. To analyze scientific sources on the physiological, biochemical, ecological and genetic features of the main hematological parameters and patterns of their variability in sturgeon species (*Acipenseridae*). To examine the fundamental aspects of lipid and protein metabolism in blood serum and the effect of biotic and abiotic factors on them. To highlight the common features of serum enzymes.

Findings. A review of scientific papers revealed that although hematological parameters of sturgeons are generally similar to those of teleosts and mammals, there are a number of significant differences. In addition, many hematological parameters are characterized by species specificity, even within a family. Special attention is given to the variability of hematological parameters under the effect of factors of both internal and external environment. The paper describes the effects of sex and age, as well as the seasons of the year on the composition of sturgeon blood. The fundamentals of the use of serum proteins in genetic and population studies are outlined. The features of the functioning of hemoglobin in sturgeon's red blood cells are examined. The main hematological parameters involved in the formation and maturation of sexual products, and their effect on fertility are reviewed. For example, the spawners, which hadn't put reproductive product, are characterized by a low rate of hemoglobin, increase in erythrocyte sedimentation speed and also a rise of the level of crude protein in blood and β -lipoprotein serum. The biochemical parameters (total protein and fractions, glucose, creatinine, cholesterol), the activity of some enzymes (alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, alkaline phosphatase, creatine kinase) in serum are examined.

Practical value. The systematized data on the main hematological parameters and patterns of their variability in sturgeon species will be useful for both scientists and fish farmers. This is due to the fact that the analysis of blood as the most labile system of fish organism, not only clearly reflects the physiological state of the individual in specific conditions of existence, but is also used in genetic and population studies. Thus, the knowledge of the basic patterns of the formation of blood composition of sturgeon fish is necessary for further research in fisheries science. An array of the generalized information will be useful for the creation of replacement broodstocks, assessment of the quality of juveniles, determination of the readiness degree of broodfish for spawning, in ichthyopathological situations at fish farms, etc.

Keywords: sturgeon (*Acipenseridae*), hematologic parameters, red blood (RBC), hematocrit, hemoglobin (Hb), white blood cells (WBC), leucogram, Arneth's curve, high-density lipoprotein, low-density lipoprotein, lysozyme, fertility, blood plasma, blood serum, proteins, glucose.

