

В.И. ЗАБЕЛИН

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)

БАССЕЙН РЕКИ ЭЛЕГЕСТ И ЕГО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

В бассейне малой реки Элегест, являющейся левым притоком Верхнего Енисея, на площади около 4,5 тыс. км² представлены основные биотопы и ярусы рельефа, характерные для Центрально-Тувинской котловины. Эта типично горная река со среднегодовым расходом около 18 м³/сек. имеет протяжённость 161 км и падение 1765 м, обладает чистой водой и быстрым течением, замедляющимся на ступенях, которые соответствуют мезозойским впадинам девонского прогиба. С впадинами пространственно связаны угленосность и гидротермальное арсенидное никель-кобальтовое оруденение. Оба этих типа полезных ископаемых в процессе добычи и переработки явились основными источниками загрязнения вод в среднем и нижнем течении реки, которая, между тем, относится к водотокам рыбохозяйственного значения высшей категории. Созданная разработками геоэкологическая обстановка сбросов угольного шлама и мышьяковых отходов характеризуется как напряжённая, которая при развитии опасных техногенных и природных процессов может перерасти в кризисную, а при образовании обширных потоков с высокой степенью загрязнения — и в катастрофическую, с формированием зоны экологического бедствия. Подобная ситуация, грозящая деградацией флоры, фауны и ухудшению здоровья населения на всём протяжении Енисея, требует принятия срочных и решительных мер.

Ключевые слова: горная река, впадины, угленосность, кобальт-арсенидное оруденение, загрязнения, напряжённая геоэкологическая обстановка, риск экологического бедствия.

Рис. 2. Библ. 6 назв. С. 25–34.

V.I. ZABELIN

Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)

THE ELEGEST RIVER BASIN AND ITS GEOECOLOGICAL FEATURES

In the basin of the small river Elegest, which is the left tributary of the Upper Yenisei, on an area of about 4,5 thousand km² are the main biotopes and tiers of relief characteristic of the Central-Tuvan basin. This typically mountainous river with an average annual consumption of about 18 m³/s has a length of 161 km and a drop of 1765 m, has clean water and a rapid current slowing down on the steps that correspond to the Mesozoic depressions of the Devonian bend. Carbon dioxide and hydrothermal arsenide nickel-cobalt ores are spatially connected with the troughs. Both of these types of minerals in the process of extraction and processing were the main sources of water pollution in the middle and lower reaches of the river, which, meanwhile, belongs to the watercourses of the highest category of fisheries. The geoecological environment created by the development of coal sludge and arsenic waste dumps is characterized as tense, which in the development of dangerous man-made and natural processes can develop into a crisis, and in the formation of large flows with a high degree of pollution - and in a catastrophic, with the formation of an environmental disaster zone. Such a situation, which threatens the degradation of flora, fauna and deterioration of the health of the population throughout the Yenisei, requires urgent and decisive measures.

Keywords: mountain river, troughs, coal, cobalt-arsenide ore, pollution, tense geoecological environment, risk of environmental disaster.

Figures 2. References 6. P. 25–34.

ВВЕДЕНИЕ. Территория бассейна малой р. Элегест, занимающая южную часть Центральной Тувы, является одной из наиболее освоенных человеком в республике. Она располагается, в основном, на площади Чеди-Хольского кожууна, но распространяется также на земли ещё трёх кожуунов: Улуг-Хемского на юге, Кызылского на севере, Тандинского на востоке. В хозяйственно-экономическом отношении бассейн р. Элегест характеризуется преимущественным развитием сельского хозяйства, в котором преобладает отгонное животноводство. Чеди-Хольский кожуун по численности скота занимает второе место в Туве (4 тыс. голов КРС и 17 тыс. голов МРС). В недавнем прошлом на поливных землях ряда сёл в заметных объёмах выращивались овощные культуры. Основным же богатством района являются значительные минерально-сырьевые ресурсы. Уже в бронзовом веке добыча медных руд и выплавка металлов осуществлялись в районе Хову-Аксы, а в раннем средневековье в низовьях Элегеста добывался уголь. В последнее время в верхнем течении р. Элегест разведаны два участка Ак-Тальского месторождения гипса, Хольчукское месторождение кирпичных глин, месторождения каменного угля Одегелдей и Кесарыг-Чалама; вблизи пос. Хову-Аксы изучено месторождение карбонатных пород, пригодных для производства строительной извести, в нижней части долины реки разведаны и эксплуатировались месторождения глин Красный Яр (кирпичные) и Онгар-Хову (керамзитовые). В среднем течении р. Элегест разведано и разрабатывалось уникальное медно-никель-кобальтовое месторождение Хову-Аксы и в 1970–1991 гг. на его сырьевой базе функционировал горно-обогатительный комбинат «Тувакобальт». В настоящее время в нижнем течении реки ведётся подземная добыча каменного угля предприятием «Межегейуголь», вблизи устья изучены месторождения силикатных песков и открытым способом добывается каменный уголь на Элегестском месторождении. В восточной части бассейна в верховьях р. Уургайлыг разведано одноимённое месторождение золота и ряд мелких проявлений, входящих в состав Элегест-Межегейского рудного узла Таннуольской золотоносной зоны (рис. 1).

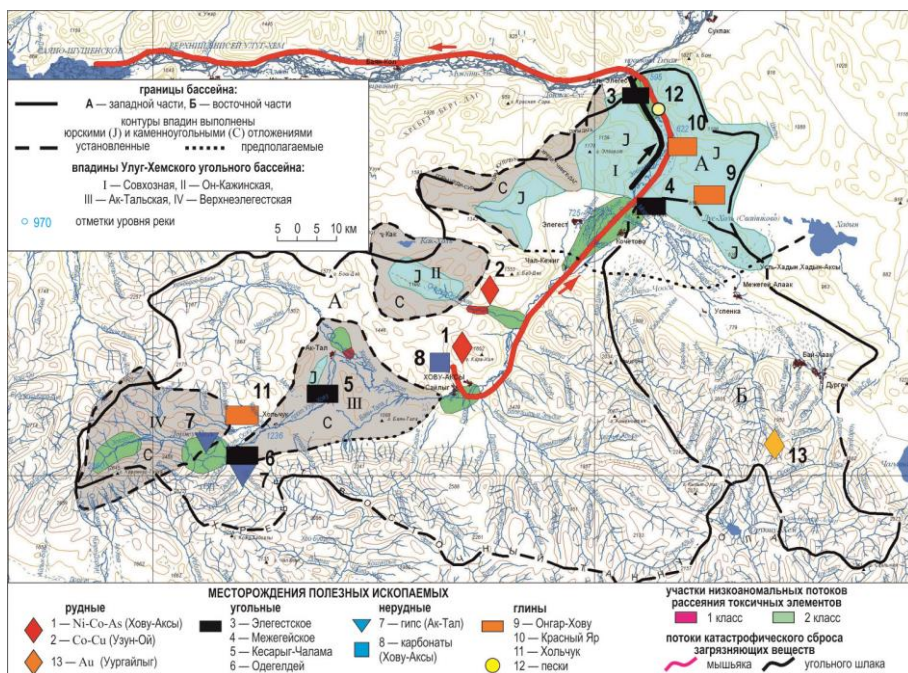


Рисунок 1. Схематическая геозекологическая карта бассейна р. Элегест

Происходящие ныне под влиянием антропогенного воздействия и климатической неустойчивости изменения окружающей среды бассейна р. Элегест явились объектом изучения в 2018–2020 гг. лаборатории биоразнообразия и геозекологии Тувинского

института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН. Результаты исследований, касающиеся литогенной основы и поверхностных вод как важнейших природных ресурсов и компонентов ландшафта, отражены в настоящей статье; итоги изучения биоты планируется осветить в последующих публикациях.

МЕТОДИКА РАБОТ. Оценка состояния природной среды и её компонентов производилась как в процессе полевых экспедиционных исследований, так и при их стационарном изучении. При этом проводились наблюдения микро-, мезо- и макрорельефа как ведущих элементов ландшафта речной долины. Осуществлялось уточнение имеющихся данных по геологическому строению бортов долины и прилегающих к ним участков (характер и состав слагающих её горных пород, условия их залегания, трещиноватость, степень выветривания, наличие полезных ископаемых и т. п.) с особым вниманием к изучению геологического строения поймы и определению механического и литологического состава аллювия. Геохимическое состояние литогенной основы ландшафта оценивалось путём отбора литохимических донных проб с целью получения характеристик их металлоносности, выявления потоков рассеяния растворимых соединений ряда элементов, а также определения степени их влияния на водную биоту. Отложения, из которых отбирались донные пробы, представляют собой смеси веществ, поступающих в водотоки из различных источников (горных пород, рудной минерализации, первичных ореолов рассеяния и продуктов гипергенеза рудного вещества). Отбор производился с учётом направления течения ручьёв и речек, а также по берегам стоячих водоёмов из наиболее представительного горизонта с минимальной глубины. В пробу отбиралась илисто-глинистая или мелко-песчанистая фракция аллювиальных отложений в пределах сухой части русла временного или постоянного водотока, либо с его дна в зависимости от местных природных условий. Масса отбираемой пробы обеспечивала получение из неё при последующей обработке (удаления случайного крупноразмерного материала: гальки, древесных остатков, водорослей и т. п., а также после просушки и просеивания через сито из стальной проволоки с диаметром отверстий 0,51 мм) выхода не менее 25 г. Полевая документация пробоотбора как и всех других наблюдений производилась в полевой книжке одновременно с отбором проб, привязка проб осуществлялась к схеме местной гидросети. Отобранные в процессе исследований пробы анализировались на химические элементы, перечень которых зависел от геолого-геохимических особенностей и металлогении территории. В частности, в пробах бассейна р. Элегест определялось содержание элементов, характерных для Хову-Аксынского рудного узла: Co, Ni, Cu, As, Zn, Pb, Mn, Fe, Hg (хотя потенциально токсичными в этом типоморфном комплексе могут быть также Bi, Sb, Mo, Cd, Se, Te). Химанализ донных проб проводился в ТувИКОПР СО РАН на энергодисперсионном спектрометре S2 RANGER рентгенофлуоресцентным методом с ошибкой определения в зависимости от концентрации элементов в пределах 5–30 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ. Река Элегест, являясь одним из многочисленных притоков Верхнего Енисея (Улуг-Хема), впадает слева в 30-ти км ниже места слияния Большого (Бий-Хем) и Малого (Каа-Хем) Енисеев, которое и представляет собой начало Енисея — одной из самых полноводных рек России. Реки, составляющие истоки Верхнего Енисея, начинаются с хребтов, окаймляющих со всех сторон Тувинскую межгорную котловину.

Особенностью бассейна р. Элегест является то, что он, занимая водосборную площадь около 5,85 тыс. км², располагается почти на всём своём протяжении на северных склонах и в предгорьях хребта Восточный Танну-Ола и по типу стока делится на две части: восточную и западную. Восточная часть бассейна площадью порядка 1,35 тыс. км² включает в себя реки Дурген, Уургайлыг, Харалыг-Хем, Улуг-Шанган и несколько ручьёв (Казанак, Терек-Даа, Ломкин, Устю-Хем и др.), которые частично или полностью теряют свой сток в рыхлых отложениях при выходе с гор в равнинные предгорья Тувинской котловины. Часть этого стока обеспечивает существование не-

большой речки Хадын, впадающей в одноимённое озеро, а также десятка родников в окрестностях этого озера и вблизи солёного озера Дус-Холь. Не исключено участие этих вод и в формировании водных источников в котловинной части Центрально-Тувинской котловины в 30–50 км к северу от подошвы хр. Восточный Танну-Ола (урочища Онгача и Адар-Кара вблизи оз. Чедер, урочище Шолы и др.). Реки Дурген, Улуг-Шанган и возникшие за счёт подземного стока Межегей и Берёзовка на обширном понижении Межегейского болота сливаются в единое русло р. Межегей, впадающей справа в р. Элегест, и здесь восточная часть бассейна приходит в соприкосновение с западной.

Западная, основная часть бассейна площадью 4,50 тыс. км², включает в себя собственно реку Элегест с многочисленными притоками, из которых наиболее крупными левыми являются (сверху вниз): Ажык, Холь-Ожу, Хендерге, Он-Кажая. Правых притоков больше и они гораздо водообильнее, поскольку в отличие от левых, дренирующих преимущественно предгорья, берут свои начала на северных склонах основного хребта. Самым верхним правым притоком помимо пяти небольших ручьёв является Биче-Ажык, ниже его впадает Улуг-Ажык и затем небольшая речка Дувеглиг с солёным родником в нижнем течении. Далее в широком урочище Баян-Тала Элегест принимает одноимённую реку, а ещё через 4 км — сухое русло реки Улуг-Сайлыг, которая двумя правыми бифуркационными рукавами впадает в р. Элегест вблизи пос. Сайлыг. В 2-х и 2,5 км ниже этого посёлка в Элегест вливаются два крупных ручья — Тихий и Бурный, а в 5 км — река Унгеш. Ниже по течению справа впадают шесть ручьёв, из которых наиболее крупным является Чумуртук. Здесь в пределах обширной Межегейской депрессии р. Элегест принимает справа р. Межегей и течёт в северном направлении до впадения в р. Верхний Енисей.

Река Элегест берёт своё начало из ручья, дренирующего делювиальные отложения на северо-восточном склоне хр. Хорумнуг-Тайга вблизи сочленения Западного и Восточного Танну-Ола. Здесь на абсолютной высоте около 2500 м пологим водоразделом этого хребта разделяются два водных потока, находящихся на одной прямой, но текущих в противоположных направлениях: река Айлыг-Бай на юго-запад в Убсунурскую котловину и река Элегест — на северо-восток в Тувинскую котловину. Обе они являются реликтами древней антецедентной долины, перегородженной ныне молодым поднятием хребта Танну-Ола. Исток Элегеста находится на абсолютной высоте около 2360 м и представляет собой несколько мелких ручейков, собирающих воду с крутого тундростепного склона и сливающихся в единый ручей, текущий в тальвеге лога шириной около 400 м. Питание его обеспечивается за счёт атмосферных осадков и таяния многолетней мерзлоты. Первые 6,5 км русла довольно крутые (падение 560 м) как и борта долины, покрытые зарослями субальпийских кустарников и листовенничными редианами с кедровым стлаником и участками высокотравных лугов (см. рис. 1, рис. 2). С абсолютной высоты около 1800 м начинается горно-лесной пояс с преобладанием кедрово-пихтово-елово-лиственничных ассоциаций. Ниже следует широкая (до 1 км) пологая ступень долины (1680–1520 м абс. выс.), где русло разделяется на несколько рукавов, текущих по болотистой, поросшей кустарниками котловине. В геолого-структурном отношении эта котловина занимает центральную часть Верхне-Элегестской впадины, сформированной отложениями карбона. Далее с перепадом в 100 м русло реки опускается в пределы обширной Ак-Тальской юрско-каменноугольной впадины, простирающейся от устья р. Дувеглиг до нижнего течения р. Хендерге и пос. Хову-Аксы. На её площади (отметки 1236–1080–1010 м) р. Элегест течёт на северо-восток, а принимая слева р. Хендерге и обходя небольшой горный массив, следует на юго-восток и восток. Здесь на протяжении русла реки в 58,2 км падение составляет всего лишь 450 м и в районе устья р. Хендерге обе реки интенсивно меандрируют, образуя протоки и старицы. На этом интервале хорошо проявлена перстративная стадия аллювиальной аккумуляции, когда уровень ложа водного потока с течением времени остаётся практически неизменным и углубление долины не происходит. Вблизи точки с отметкой 1236 м слева в р. Элегест впадает

небольшая речка Холь-Оожу, вытекающая из оз. Доржу-Холь, которое имеет длину около 1,5 км при ширине 100–700 м. Глубина р. Элегест в этом районе колеблется в пределах 0,4–2,0 м, скорость течения 0,2–1,2 м/сек., ширина русла 10–30 м, среднегодовой расход составляет от 5,9 до 8,7 м³/сек. Заметное убыстрение скорости течения р. Элегест происходит на интервале от впадения р. Унгеш до моста в пос. Чал-Кежиг (точки с отметками 948, 855 и 775 м), здесь, как и на отрезке с отметками 1520–1420 м, проявляется инстративная стадия развития водного потока, соответствующая его врезанию в коренные породы и углублению долины. Точка с отметкой 855 м расположена в устье р. Он-Кажаа, её истоки находятся в одноимённой юрско-каменноугольной впадине. Далее на последних 50 км течения реки величина падения русла постепенно уменьшается с 775 до 595 м и она довольно широким устьем (50–70 м) впадает в Верхний Енисей (Улуг-Хем). Здесь река течёт в пределах западных флангов Улуг-Хемского угольного бассейна. Расход воды р. Элегест в районе устья р. Межегей определяется в 60 м³/сек. в летнее время и около 13–16 м³/сек. осенью, а среднегодовой расход составляет 18 м³/сек. Река здесь имеет ширину 25–35 м, глубину до 2 м, скорость течения 0,5–1,5 м/сек. Общая протяжённость р. Элегест составляет 161 км, перепад высот от истока (2360 м) до устья (595 м) равен 1765 м, средний уклон 0,011 (см. рис. 2).

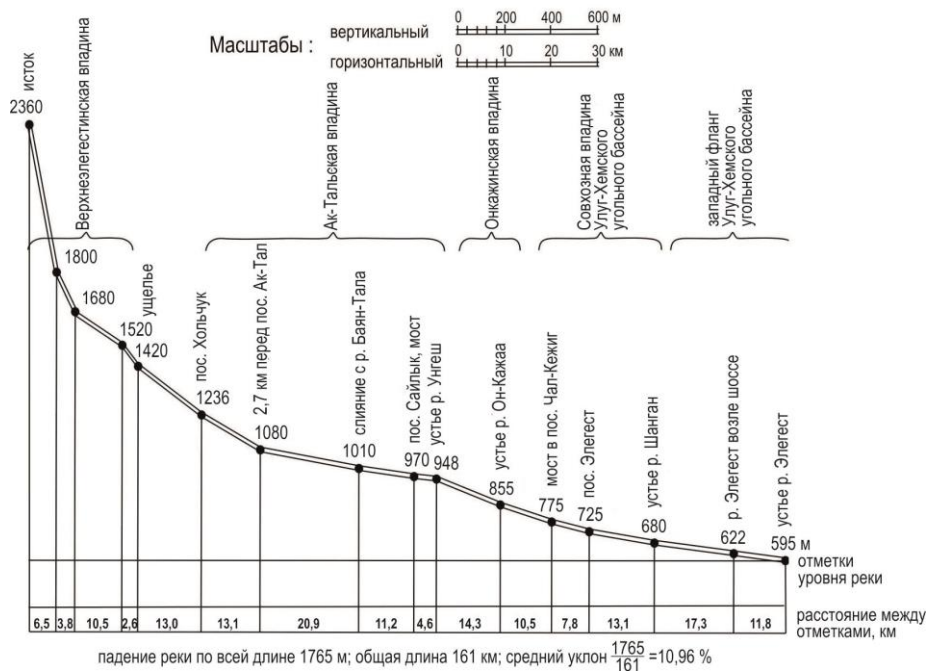


Рисунок 2. Продольный профиль реки Элегест от истоков до устья

В геоморфологическом отношении рельеф долины р. Элегест характеризуется ярусностью, свойственной системам горных поднятий и разделяющих их межгорных впадин. Соответственно этому принципу на северном крыле Восточно-Таннуольского поднятия, в пределах которого располагается бассейн р. Элегест, в результате неотектонических движений и последующей денудации сформированы четыре основных яруса рельефа: высокогорный, среднегорный, низкогорный и равнинный (Геология..., 1990, с. 105, 108, 113–114).

Высокогорный ярус соответствует высотам 2000–2600 м (2648 м вершина г. Хорумнуг-Тайга — наивысшая отметка хребта Восточный Танну-Ола в районе); для него характерны древние водораздельные поверхности выравнивания, развитые на породах терригенно-липаритовой формации и магматитах нижнего палеозоя в восточной части хребта и на девонских и каменноугольных отложениях — в запад-

ной на сочленении с Западным Танну-Ола. Альпийский рельеф, свойственный высокогорьям Тувы, проявлен здесь ограниченно в виде нескольких каров в осевой части хребта в 15 км к югу от пос. Хову-Аксы.

Среднегорный ярус занимает обширные площади бассейна р. Элегест с высотами 2000–1400 м. Для него свойственен эрозионно-денудационный рельеф, создающий облик сложной по строению горной территории, изобилующей разнопорядковыми поднятиями, впадинами и прогибами. Он распространён преимущественно в западной части бассейна и развит на образованиях Тувинского межгорного прогиба, сложенного континентальными осадочно-вулканогенными отложениями девона. Для осевой части прогиба характерны многочисленные мульды (впадины), выполненные каменноугольными, а в северной части прогиба — и юрскими осадками. Как те, так и другие зачастую угленосны, при этом промышленная угленосность приурочена к отложениям среднеюрской молассоидной формации и в пределах Улуг-Хемского угольного бассейна составляет его основную ценность. Следует отметить важную особенность юрских наложенных впадин: они не только наследуют структурный план каменноугольных впадин, но и под влиянием активизированных в мезозое систем разломов и гидротермальной минералообразующей деятельности участвуют в формировании металлоносных карбонатных растворов, содержащих в своём составе арсениды и сульфосоли Co, Ni, Cu, Pb, Zn, Sb, Ag, Hg и др. Источником рудных элементов с одной стороны могли быть глубинные мышьяк-содержащие флюиды из пород фундамента впадин, а с другой — высококонцентрированные хлоридные растворы пластовых вод верхнего платформенного чехла, в строении которых принимали участие галогенные отложения. Предполагается, что подобным образом в парагенетической связи с базальтоидными малыми интрузиями в условиях малых глубин сформировалось низкотемпературное арсенидное никель-кобальтовое карбонатно-жильное месторождение Хову-Аксы и низко-среднетемпературное кобальтово-медное сульфидно-сульфосольное карбонатно-кварцево-жильное месторождение Узун-Ой (Борисенко, Лебедев, Тюлькин, 1984, с. 148–159). Вероятно, к этому типу могут быть отнесены также проявления серебро-висмут-сульфосольной кобальтсодержащей формации, выявленной скважинами в зонах гидротермально изменённых пород среди юрских отложений Онкажинской мульды.

Низкогорный ярус с высотами 1400–1000 м занимает преимущественно зону предгорий и является продолжением площади развития среднегорного рельефа на северо-восток вдоль структур Тувинского межгорного прогиба, включая западный фланг Улуг-Хемского угольного бассейна. Молодой неоген-четвертичный эрозионный рельеф здесь представлен невысокими, часто скалистыми хребтами, сложенными в основном девонскими образованиями, тогда как палеоген-неогеновые денудационные водоразделы и пологосклоновые ложбины соответствуют каменноугольным и юрским отложениям. Местами на пониженных участках фиксируются выходы оранжево-жёлтых глин миоцен-плиоценового возраста.

Равнинный ярус (1000–600 м) образует днище Межегейской котловины, площадь расширения долины р. Элегест ниже пос. Чал-Кежиг и низовья р. Элегест до её устья. Здесь на юрских отложениях Совхозной впадины развиты аллювиальные, аллювиально-пролювиальные и озёрно-болотистые равнины с прилегающими к ним пологими делювиально-пролювиальными склонами.

Таким образом, представленные данные по геоморфологии, высотной поясности и генезису гидротермальной рудообразующей системы медно- и кобальтсодержащих месторождений бассейна р. Элегест свидетельствуют о их приуроченности к среднегорному ярусу и локализации в структурах мезозойского этапа тектономагматической активизации, тяготеющих к системам наложенных впадин. Что же касается геохимических особенностей бассейна р. Элегест, выявленных по даннымдонного опробования, то они могут быть сведены к двум типам.

К первому относятся небольшие (в 2–3 раза) повышения уровня ряда элементов относительно нормального поля в отдельных пробах или в группе проб. Подобные

потоки рассеяния рудных элементов используются в геологии для поисков месторождений, выходящих на поверхность или образующих первичные ореолы вокруг слепых рудных тел. В нашем случае аномальные содержания в них типоморфных для района элементов также служат индикаторами металлоносности, но в силу низких концентраций обычно не оказывают заметного влияния на биоту, хотя и являются токсичными. Анализ донных проб, взятых по р. Элегест и её притокам, в частности позволил получить следующие данные.

1. Подтверждена наметившаяся ранее тенденция связи металлоносности карбон-юрских впадин юго-западной части Тувинского межгорного прогиба с разновозрастной тектоникой, проявившейся как внутри впадин, так и в их прибортовых зонах. Об этом свидетельствуют данные сравнения полученных результатов с геохимическими материалами по месторождению Хову-Аксы. Его руды, характеризующиеся металлогенической специализацией Co-Ni-Cu-As-Zn-Hg, проявляются в окрестностях месторождения повышенными концентрациями в донных пробах легко мигрирующих элементов Zn (0,01–0,03 на фоне 0,005 %), Ni (0,009 на фоне 0,004 %), Cu (0,010–0,013 на фоне 0,005 %). Такие концентрации фиксируются на значительном удалении от источника их поступления, а вблизи него (на примере проб с Северного и Южного рудных участков) проявляются в заметно более высоких содержаниях (Zn 0,045–0,14 %, Ni 0,017–0,020 %, Cu 0,019–0,044 %), а также в появлении в потоках ряда таких элементов как Co (до 0,022 %), Pb (до 0,007 %), As (до 0,133 %), Hg (до 0,18 мг/кг), Mn (до 0,15 %), S (до 0,62 %) и непосредственно вблизи рудных выходов дополнительно Bi (0,01–0,03 %), Cd (0,010–0,016 %), Sb (0,010–0,026 %), Mo (0,003–0,009 %), Te (0,001–0,022 %), Sr (0,018–0,064 %), Hg (до 0,71–3,30 мг/кг), а также определяемых на нижних пределах содержаний Au и Ag. Исходя из приведённых критериев и результатов анализов донных проб, можно предположить, что территория Актальской впадины, скрытая на восточном фланге мощной толщей делювиальных отложений, продолжается на восток до долины р. Унгеш и оруденение Хову-Аксынского типа может быть связано с тектоникой, ограничивающей впадину с севера. Косвенным доказательством тому служат аномальные концентрации элементов типоморфного комплекса кобальт-арсенидной формации, устанавливаемые в ряде проб донных осадков по р. Элегест и по его правым притокам выше по течению этой реки, а также в северо-западной части впадины по р. Хендерге. В частности, на р. Элегест в пос. Сайлык содержание цинка в донных пробах определено в количестве 0,014 %, меди 0,009 %, никеля 0,008 %, мышьяка 0,002 %; в ручьях Тихий и Бурный концентрация цинка определена в 0,020 и 0,016 %, меди 0,009 %, никеля 0,006 и 0,010 %, мышьяка менее 0,0005 и 0,0049 %, ртути 0,034 и 0,027 мг/кг. На р. Хендерге у моста выявлены следующие концентрации элементов в донной пробе: цинк 0,014 %, медь 0,009 %, никель 0,008 %, мышьяк 0,0013 %, марганец 0,05 %, ртуть 0,023 мг/кг и неожиданно высокое содержание кобальта 0,0126 %, свойственное к близко расположенным рудным выходам. В 3 км выше моста в донных отложениях р. Хендерге содержание индикаторных элементов оставалось повышенным: цинк 0,010 %, медь 0,007 %, никель 0,006 %, мышьяк 0,0014 %, ртуть 0,011 мг/кг, кобальт 0,009 %. Полученные материалы повторили наши данные прошлых лет. Они должны быть подтверждены более детальным опробованием и могут иметь практический выход на расширение границ рудного поля Хову-Аксы вдоль разломов, проходящих вблизи современного русла р. Элегест от пос. Сайлык до пос. Ак-Тал.
2. При опробовании Верхне-Элегестской впадины повышенное содержание серы (до 0,35 %) обнаружено в донных осадках ручья Мостового, а цинка (0,018 %), мышьяка (0,0019 %) и свинца (0,004 %) — на р. Элегест. Этими результатами анализов вновь подтверждается металлоносность окраин впадины, требующая дальнейшего изучения.

3. Полученные за изученный период результаты геохимического опробования демонстрируются Геоэкологической картой бассейна р. Элегест (см. рис. 1), где потоки рассеяния в пределах ранее выявленных аномальных участков показаны методом многомерных полей (классов). В частности, класс 1 (поля красного цвета) включает в себе наиболее перспективные аномалии с концентрациями Cu 0,007 %, Co 0,008 %, Ni 0,008 %, Zn 0,020 %, As 0,005 %, Hg 0,020 мг/кг; класс 2 (поля зелёного цвета) объединяет аномалии с концентрациями Cu 0,005 %, Co 0,006 %, Ni 0,006 %, Zn 0,010 %, As 0,003 %, Hg 0,010 мг/кг. И те и другие заслуживают дальнейшего изучения.

Второму типу геохимических аномалий принадлежат потоки сбросов загрязняющих веществ, которые оказывают существенное влияние на людей и биоразнообразие водного и околородного животного мира. К ним относятся аварийные утечки мышьяксодержащих соединений из цеха по переработке кобальт-арсенидных руд, имевшие место во время работы ГОК «Тувакобальт». Попадая в р. Элегест, они вызвали гибель рыбы и других гидробионтов, а также водных и околородных птиц. В настоящее время, когда комбинат не работает уже 30 лет, большую опасность для биоты представляют хранилища отходов переработки арсенидных руд, где концентрация растворимых соединений мышьяка в скоплениях воды на поверхности хранилищ достигает 300–600 ПДК. Потребление этой воды домашним скотом приводило к ежегодной гибели до 20–30 голов КРС. Шламы также содержат ртуть (в среднем 1,3 мг/кг, что превышает 4 ПДК), никель, медь, кобальт, цинк, кадмий и ряд других (Забелин, 2018). За счёт ветровой и водной эрозии, а также миграции с подземными водами соединения этих токсичных элементов попадают в р. Элегест и в сравнительно низких концентрациях (0,5–1,5 ПДК) переносятся на 79 км по течению этой реки до устья, а затем на 100 км вниз по р. Верхний Енисей до Саяно-Шушенского водохранилища, где в последние 15–20 лет отмечается их повышенное содержание в песчано-глинистых осадках: As до 3,95 ПДК, Ni до 2,3 ПДК, Zn до 1,6 ПДК, Cd до 1,9 ПДК и др. (Кальная, Аюнова, 2010).

Другой опасностью загрязнения р. Элегест является сброс в водную среду угольного шлама предприятием «Межегейуголь». В процессе подземной добычи с шахтными водами объёмом около 17,5 тыс. м³ в сутки на поверхность доставляется большое количество угольных взвесей с размерами частиц около 25 мкм. Их концентрация колеблется от 98 мг/кг (1,96 ПДК в 2017 г.) до 880–1000 мг/кг (17,5–19,9 ПДК в 2015 и в 2018 гг.). Загрязнение вод рр. Межегей и Элегест угольным шламом, образование на дне и низких берегах сплошного слоя маслянистой грязи уже привело к уменьшению видового разнообразия планктона и бентоса и почти полному исчезновению рыбы и других водных организмов в приустьевой части реки (29 км), которая, между тем, относится к первой категории водотоков рыбохозяйственного значения. Содержание микроэлементов в осадках угольного шлама довольно низкое (в мг/кг мышьяка 15, свинца 40, цинка 127, меди 85, никеля 80, ртути 0,035), но с учётом огромного объёма стоков, вынос тяжёлых металлов, мышьяка и ртути в русло р. Верхний Енисей и Саяно-Шушенское водохранилище может достигать значительных величин (Забелин, Ондар, 2020).

Выводы и рекомендации. Опыт освоения природных ресурсов бассейна р. Элегест свидетельствует о том, что в процессе полувекковой эксплуатации естественных ресурсов возник и развился ряд негативных явлений, в значительной мере ухудшивших состояние окружающей среды. Наиболее значимыми из них являются загрязнение почв и вод реки мышьяксодержащими отходами бывшего горно-обогатительного комбината «Тувакобальт» и угольным шламом предприятия «Межегейуголь». Созданная ими геоэкологическая обстановка характеризуется как напряжённая, которая при развитии опасных техногенных и природных процессов может перерасти в кризисную, а при образовании обширных потоков с высокой степенью загрязнения — и в катастрофическую, с формированием зоны экологического бедствия. Высокий риск

существенного ухудшения здоровья населения, деградации фауны и флоры на всём протяжении Енисея требует принятия срочных и решительных мер.

В бассейне Элегеста неблагоприятную ситуацию создают также смывы в реку отходов животноводства и почвенно-растительного покрова при чрезмерной распашке земель, при водной и ветровой эрозии, а также свалки мусора, сбросы сточных и бытовых вод восьми сёл (10,5 тыс. жителей), расположенных по берегам реки и её притоков и не имеющих очистных сооружений. Причиной подобного состояния зачастую является экологическая некомпетентность руководителей, принимающих решения и распоряжающихся финансами.

В перспективе в районе намечается дальнейшая эксплуатация кобальтового месторождения Хову-Аксы, разработка медного месторождения Узун-Ой, освоение месторождений угля, глин, песков, гипса и карбонатного сырья, строительство посёлков, дорог и развития другой инфраструктуры, что, согласно «Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» 1996 г. требует создания экологических условий, обеспечивающих удовлетворение потребностей сегодняшнего дня и не подвергающих риску способность окружающей среды поддерживать жизнь в будущем. Современные реалии эксплуатации природных ресурсов на больших территориях не оставляют надежд на сохранение ненарушенной природной среды, но, используя, к примеру, опыт ландшафтного планирования Германии, следует идти по пути как сохранения естественных ландшафтов на отдельных участках, так и создания природно-антропогенных систем, где изменённые хозяйственной деятельностью территории уступят место культурному «зелёному» ландшафту (Потапенко, 1999, с. 61–71). В него впишутся решённые проблемы нарушенных земель, мелиорации, загрязнения воды и атмосферы, бытовых отходов, улучшения качества жилищных условий, визуальной привлекательности поселений и их окрестностей и т. п.

Подобный подход должен быть заложен во все проекты освоения природных ресурсов описываемой территории — от рационального использования сельскохозяйственных земель до строительства дорог и разработки месторождений полезных ископаемых. Негативная экологическая обстановка, сложившаяся в бассейне Элегеста и характерная для всей территории Тувы, настоятельно требует учёта местных природных, исторических и социальных факторов. В дальнейшем все проекты освоения природных ресурсов Республики в обязательном порядке должны проходить на местах экологическую экспертизу, а на объектах с высоким риском загрязнения окружающей среды силами местных исследователей организовываться круглогодичные мониторинги экологического состояния объектов. Эти требования полностью соответствуют осуществляемому в настоящее время Национальному Проекту «Экология».

ЛИТЕРАТУРА

- Борисенко А.С., Лебедев В.И., Тюлькин В.Г.* Условия образования гидротермальных кобальтовых месторождений. – Новосибирск: Наука, 1984. – 174 с.
- Геология* Тувинской АССР. – Л.: ВСЕГЕИ, 1990. – 121 с.
- Забелин В.И.* Негативное экологическое наследие завершённой в XX веке добычи полезных ископаемых: проблемы бывшего ГОК «Тувакобальт» // Технологии гражданской безопасности. – 2018. – Т. 15. – № 2 (56). – С. 58–62.
- Забелин В.И., Ондар С.О.* Экологические риски при разработке месторождений каменного угля в Туве // Проблемы анализа риска. – 2020. – Т. 17. – № 3. – С. 16–29.
- Кальная О.И., Аюнова О.Д.* Формирование водно-прибрежных экосистем Саяно-Шушенского водохранилища в пределах Тувы // Управление ресурсным потенциалом регионов на базе геоинформационных технологий: Сб. ст. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2010. – С. 89–98.
- Потапенко Ю.Я.* Основы геоэкологии. – Карачаевск: Карачаево-Черкес. гос. пед. ун-т, 1999. – 86 с.

REFERENCES

- Borisenko A.S., Lebedev V.I., Tjulkin V.G. *Usloviya obrazovaniya gidrotermalnykh kobaltovykh mestorozhdenij* [Conditions for the formation of hydrothermal cobalt deposits]. Novosibirsk, Nauka, 1984, 174 p. (In Russ.)
- Geologiya Tuvinskoj ASSR* [Geology of the Tuva ASSR]. Leningrad, VSEGEI, 1990, 121 p. (In Russ.)
- Kal'naya O.I., Ayunova O.D. Formirovaniye vodno-pribrezhnykh ekosistem Sayano-Shushenskogo vodokhranilishcha v predelakh Tuvy [Formation of water-coastal ecosystems of the Sayano-Shushensky reservoir within Tuva]. *Upravleniye resursnym potentsialom regionov na baze geoinformatsionnykh tekhnologiy = Management of the resource potential of regions on the basis of geoinformation technologies*. Kyzyl, TuvIENR SB RAS, 2010, pp. 89–98. (In Russ.)
- Potapenko Yu.Ya. *Osnovy geoekologii* [Fundamentals of geoecology]. Karachayevsk: Karachay-Cherkess State Pedagogical University, 1999, 86 p. (In Russ.)
- Zabelin V.I. Negativnoye ekologicheskoye naslediyе zavershonnoy v XX veke dobychi poleznykh iskopayemykh: problemy byvshego GOK «Tuvakobal't» [Negative ecological legacy of mining operations completed in the 20th century: problems of the former Tuvacobalt GOK]. *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti = Civil Security Technologies*, 2018, vol. 15, no. 2 (56), pp. 58–62. (In Russ.)
- Zabelin V.I., Ondar S.O. Ekologicheskiye riski pri razrabotke mestorozhdeniy kamennogo ugl'ya v Tuve [Environmental risks in the development of coal deposits in Tuva]. *Problemy analiza riska = Problems of risk analysis*, 2020, vol. 17, no. 3, pp. 16–29. (In Russ.)