

РОЛЬ ЭКЗОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИИ ЗОЛОТА НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА ВОЛЕГА (ЗАПАДНАЯ ЭФИОПИЯ)

С.И. Белов, Е.Н. Божко

Воронежский государственный университет

Рассматриваются вопросы механического перераспределения элементов, в частности золота, при экзогенных процессах. На основании полевых наблюдений обосновывается влияние тех или иных процессов экзогеодинамического ряда на поведение золота различной крупности в поверхностных условиях.

Введение

Происхождение аномальных содержаний элементов в геологических телах экзогенной природы практически всегда не поддается однозначной интерпретации, так как нет возможности выделить тот единственный процесс, ведущий к формированию тех или иных аномалий химических элементов в гипергенных условиях. Действительно, перераспределение элементов в поверхностных условиях имеет полигенетическую природу, и преобладание тех или иных факторов миграции предопределяется как агрегатным состоянием вещества, так и другими объективными, по преимуществу природно-климатическими, условиями. Тем не менее, при геологических исследованиях постоянно фиксируются факты влияния именно экзогеодинамических процессов на перераспределение химических элементов. Безусловно, механическое перемещение элементов в верхней части земной коры, наряду с процессами химического перераспределения (в виде растворов), является одним из важнейших. Для ряда элементов, химически устойчивых в экзогенных условиях, механическое перераспределение вообще следует признать основным. В определенных природно-климатических условиях экзогеодинамические процессы настолько существенно искажают первичные количественные и качественные геохимические характеристики площадей или их участков, что игнорирование их влияния может привести к неверной интерпретации результатов исследований, например при постановке поисковых работ по вторичным ореолам рассеивания. Значимость проблемы механического перемещения вещества предопределяется и тем, что для элементов, устойчивых в зоне гипергенеза и имеющих тенденцию к накоплению в определенных экзогенных условиях, экзогеодинамические процессы приводят к образованию промышленных концентраций – россыпей различного генезиса.

Под экзогеодинамическими процессами авторами подразумеваются процессы из разряда рельефообразующих, проходящих на поверхности земли или в непосредственной близости от неё, в результате которых происходит разрушение, механическое перемещение и аккумуляция масс горных пород, где

основной действующей силой является сила тяжести. При этом факторы, приводящие к дезинтеграции коренных пород, чаще всего, имеют сложную полигенетическую природу, где, в зависимости от конкретных условий, ту или иную доминирующую роль играют физико-механические, биогенные или хемогенные процессы.

Определяющими факторами развития экзогеодинамических процессов являются: вертикальные неотектонические движения, состав пород зоны экзогеодинамической активности, климатические условия и фактор антропогенного воздействия [1]. Прежде чем перейти непосредственно к характеристике процессов экзогеодинамического ряда и их роли в перераспределении золота, следует хотя бы вкратце рассмотреть каждый из факторов, влияющих на эти процессы.

Природно-климатические условия

Район работ расположен в западной части Эфиопского нагорья. Климат территории - субтропический. По вертикальной зональности территории находится в зоне «Weina Dega» со среднегодовой температурой 15-20⁰C [2]. По данным вблизи расположенных метеостанций Менди и Асоса среднее годовое количество осадков за десятилетний период наблюдений составляет 2540,9 мм. Основная масса осадков, распределение которых в течение года неравномерно (табл.), выпадает в виде ливневых дождей. Следовательно, данную территорию следует относить к площадям с переменено-влажным климатом – дождливым летом и сухой зимой. Это предопределяет специфичность развития экзогенных процессов: чрезмерное увлажнение грунтов способствует их вязкому течению; метеорные воды ливневых дождей производят существенную работу по плоскостному смыву. Именно на летнее время приходится основной объем глубинной и боковой эрозии, связанной с паводковыми водами постоянных и временных водотоков. Кроме этого, во время сезона дождей, наиболее активно проходят процессы фильтрации метеорных вод и интенсивное выщелачивание химических элементов. Напротив, в сухой сезон, за счет обратной инфильтрации происходит фиксация элементов [3], в том числе Fe⁺³, феррити-

Таблица

Количество осадков по данным десятилетних наблюдений

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Менди	39,0	24,0	118,5	189,8	345,0	462,5	401,2	488,5	447,9	260,7	120,5	28,8
Асоса	79,8	2,5	36,6	191,4	198,9	281,3	427,5	345,9	216,8	240,3	80,9	53,5

зация иллювиального горизонта в почвах, его латеритизация и, в конечном итоге, кираситизация с бронированием водораздельных поверхностей.

На приводораздельных площадках развиты красные ферралитные почвы (Французская классификация, CPCS, 1967) мощностью до 0,5 м. На склонах, в зависимости от их крутизны и экспозиции, спорадически отмечаются ферсиаллитные, сиаллитные и неразвитые сиаллитные почвы. По "Report on geological survey of Wollega area Western Ethiopia" (Government of Japan, 1974 г.) органическое вещество в почвах практически отсутствует.

Склоны речных и балочных долин, за редким исключением, задернованы, имеют травянистый покров. Здесь же развита эндемичная древесная и кустарниковая растительность горно-саванного типа с преобладанием акациевых. Практически все более или менее пригодные водоразделы и приводораздельные участки крутизной до 10^0 , а так же поймы речных долин используются местными жителями под посевами и интенсивно распахиваются. При сельскохозяйственной обработке проводятся противоэрозионные мероприятия: прокапываются поперечные водоотводные каналы, распашка ведется поперек склона и т.п.

Геология и геоморфология территории

В геологическом строении территории участвуют метаморфизованные в эпидот-зеленосланцевой фации стратифицированные отложения верхнего протерозоя и разновозрастные интрузивные и эффузивные образования (рис. 1).

Наиболее древними породами, вскрывающимися на уровне современного эрозионного среза, являются метаморфизованные отложения офиолитового типа Нижней и Верхней формаций Metavolcanic Group, представленные, соответственно, амфиболитами и кварц-серицитовыми, биотит-хлоритовыми, хлоритовыми сланцами, metabasalts. С тектоническим контактом к ним примыкают кварциты, кварц-серицитовые сланцы, метатифы и углеродистые сланцы Dengi и Guliso формаций, входящих в Bila (Birbir) Group. Интрузивные образования в виде тел различной морфологии отражают несколько этапов магматической активности проявившейся в интервале верхний протерозой - палеозой. Они представлены диоритами, меланократовыми габбро, плагио- и калишпатовыми гранитами, сиенитами. В приконтактовых частях интрузивных массивов вмещающие породы метасоматически изменены.

Новейший этап тектономагматической активизации, связанный с формированием Восточно-Африканской рифтовой системы, находит отраже-

ние в виде вулканических аппаратов центрального типа основного состава, а также фрагментарно развитых тел платобазальтов.

Стратифицированные образования верхнего протерозоя и разновозрастные интрузивные тела развиты системами разнонаправленных тектонических нарушений различной кинематики. Нередко с ними связаны кварцевые жилы, зачастую несущие разнообразную рудную минерализацию (золото, пирит, халькопирит, гематит и т.д.). Содержания золота, в кварцевых жилах и в их приконтактовых частях, достигают $n \cdot 10^2$ г/т (по данным пробирного анализа) [4].

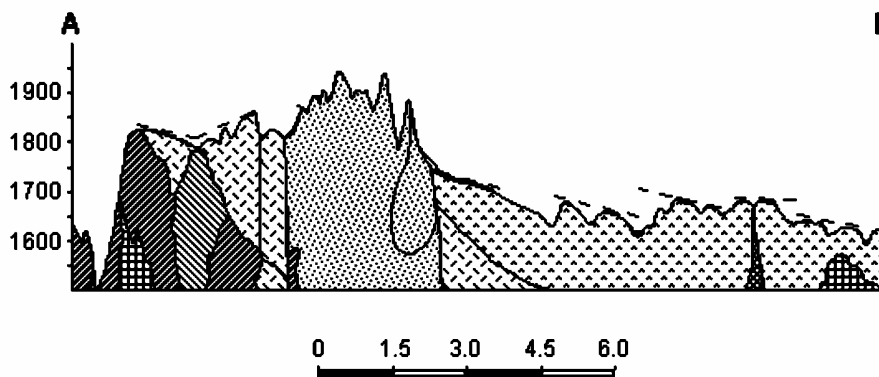
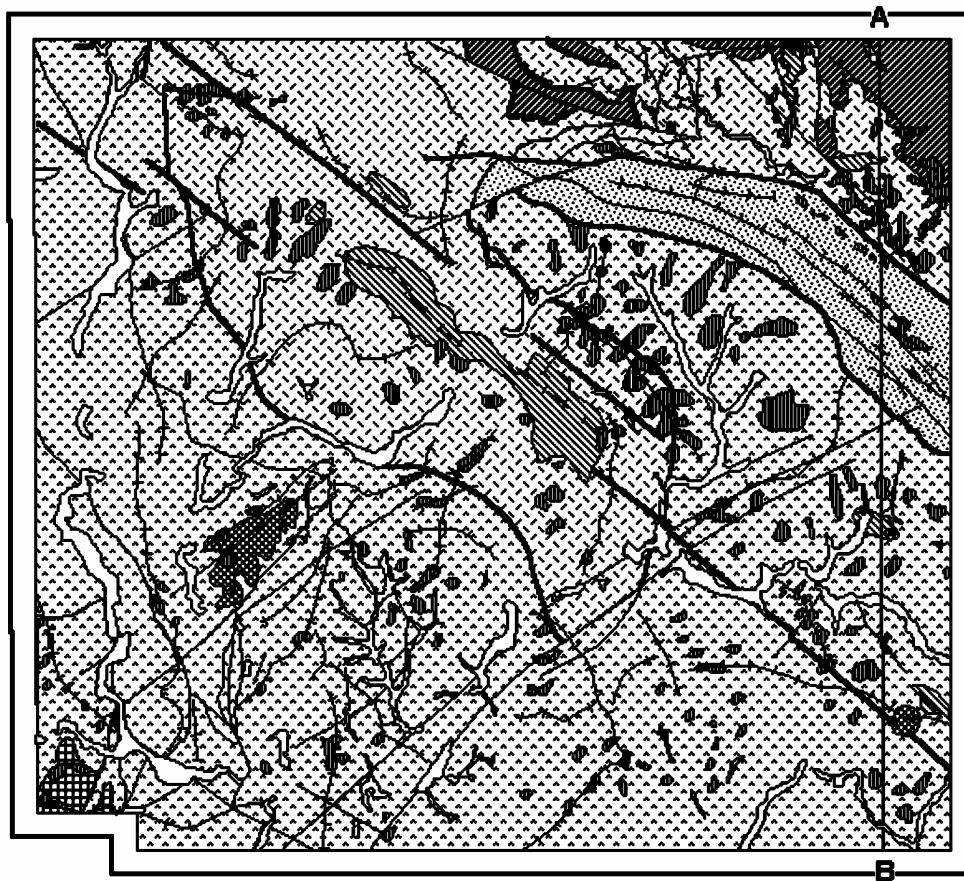
Практически повсеместно кристаллические породы фундамента перекрыты континентальными образованиями мезокайнозойского возраста. По водоразделам они представлены полигенетическими отложениями эпохи пенеппенизации, из которых на настоящем этапе исследований однозначной интерпретации поддаются лишь аллювиальные галечники палеорусел.

По бортам речных долин фиксируются фрагменты I и II цокольных надпойменных террас. Временной интервал их образования, нами определяемый как неоген-четвертичный, может быть и более широким. В настоящее время террасы представлены делювиированными гравийно-галечниковыми телами мощностью 1-3 метра. Верхняя, песчано-глинистая часть разреза террас, почти полностью уничтожена эрозионными процессами.

Голоценовый аллювий и пролювий современных долин представлен валунно-галечными отложениями с песчано-глинистым заполнителем. Инстративный аллювий речных пойм имеет мощность 4-4,5 метра. При этом соотношение приплотиковых грубообломочных и верхних, песчано-глинистых частей разреза, составляет 1:3. Мощность валунно-галечных отложений современных речных русел и пролювия временных водотоков составляет 0,3-0,5 метра.

Склоны и их подножия перекрыты плащом отложений гравитационного и водно-гравитационного генезиса.

Шлиховые пробы, отобранные из разновозрастных и различных по генезису рыхлых образований, показывают содержания россыпного золота от следов до веса. При ситовом анализе отмытые выделения самородного золота четко распадаются на два доминирующих класса по крупности – мелкие чешуйчатые знаки размером порядка 0,1 мм. и золото более крупное, вплоть до самородков весом в первые граммы. Специфической особенностью знаков тонкого класса является то, что это золото плавает. Такое явление неоднократно наблюдалось в лотке















- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | Современные отложения речных пойм |  | Кварц-серицитовые, хлоритовые, углистые сланцы. (Guliso Formation, верхний протерозой). |
|  | Полигенетические отложения поверхностей выравнивания |  | Кварциты, кварц-серицитовые сланцы, метатUFFы. (Dengi Formation, верхний протерозой). |
|  | Базальты (палеоген). |  | Метавулканы офиолитового типа (Metavolcanic Group, верхний протерозой). |
|  | Граниты калишпатовые (верхний протерозой-палеозой?). |  | Тектонические нарушения |
|  | Граниты, меланократовое габбро (верхний протерозой). |  | Осевые линии основных водоразделов |
|  | Диориты палеотипные, габбро (верхний протерозой). |  | Реконструируемые, по фрагментам палимпестового рельефа, поверхности выравнивания эпохи пенепленизации (мезозой?) |

Рис. 1. Схема геологического строения района работ: римскими цифрами обозначены геоморфологические подрайоны: I – плато Денги; II – хребет Денги; III – Сечинский пенеплен

при промывке проб и можно предположить, что оно имеет место и в условиях естественных водных потоков.

На всей площади работ развиты охристые латеритные коры выветривания мощностью от первых до 20 метров. Усредненный профиль кор выветривания представлен следующими зонами: 1 - начальной дезинтеграции; 2 - глин (литомарж), с подзоной структурных глин и подзоной деструктурированных глин; 3 - нерастворимых (полуторных) окислов - латерит. Местами в верхней части зоны нерастворимых окислов сохранились фрагменты кирасы - железистый панцирь. На небольших площадях, по видимому, по массивам габбро и платобазальтов, развиты сапролиты.

Несмотря на разнообразие петрографо-генетических типов геологических образований территории, в данном случае, нас интересуют лишь те, которые попадают в зону экзогеодинамической активности, то есть: элювиальные глины коры выветривания; древние и современные отложения аллювиального генезиса; тела склонового генезиса и, в гораздо меньшей степени, коренные метаморфизованные и магматические породы. Последние спорадически попадают в зону экзогеодинамической активности лишь в тальвиговых частях долин и на крутых склонах. Присутствие мощных кор выветривания с глубокой дезинтеграцией первичного материала предопределяет и специфичность зоны экзогеодинамической активности - большую глинистость, а, следовательно, пластичность и связанность грунтов.

На территории работ повсеместно наблюдаются признаки блоковых неотектонических движений с вертикальной динамикой. Они отражаются в рисунке гидросети, характеристиках речных русел, где участки с развитым зрелым аллювием и меандрирующим потоком, сменяются спрямленными с переуглубленным в плотик руслом.

Исходя из специфики орографии, важнейших рельефообразующих процессов и сформированных ими форм рельефа, на изученной площади нами выделены три геоморфологических подрайона с несколько отличными условиями (в основном по геоморфологическим признакам) для развития экзогеодинамических процессов (рис. 1): 1 - Плато Денги; 1 - Хребет Денги; 3 - Сечинский пенепплен.

Плато Денги и Сечинский пенепплен в настоящее время образуют (соответственно) северное и южное крылья Денгинского горста, в центральной части которого выделяется подрайон хребет Денги. В свое время плато Денги и Сечинский пенепплен являлись единой древней аккумулятивно-денудационной поверхностью выравнивания. Во время последней тектономагматической активизации (предположительно в палеогене), в связи с образованием Денгинского горста, пенеппленезированная поверхность с одряхлевшим рельефом была разбита на блоки, фрагментами которой и являются вышеперечисленные подрайоны, выведенные на

разные гипсометрические уровни (рис. 1). На современном этапе развития рельефа преобладают процессы денудации, с образованием соответствующих форм микро- и нанорельефа. Аккумулятивные же формы рельефа развиты спорадически и неустойчивы.

Особняком, на севере площади, с абсолютными отметками, достигающими 1930 м, крутыми, часто со скальными выходами, склонами, каньенообразными долинами выделяется субширотный хребет Dengi Ridge, являющийся центральной частью Денгинского горста. Еще одну специфическую морфоскульптуру района, на самом его севере, образует четырехсотметровый обрыв "Granchi Escarpment" (Government of Japan, 1974 г.). Он является границей между двумя крупными морфоструктурами - на севере "Hill and valley area of Blue Nile Basin" и на юге "Bouth western peneplain", по "Mineral survey in two selected area" (United Nations, New York, 1972 г.), нами выделяемые как, соответственно, Нильский и Мендинский геоморфологические районы. Первый геоморфологический район расположен к северу от площади исследований и в данной статье не рассматривается.

В целом же орография района работ характеризуется низкогорным рельефом с полого увалистыми, нередко субширотно простирающимися квестообразными водоразделами, представляющими собой деградированный древний пенепплен. Абсолютные отметки водоразделов в среднем составляют 1660 - 1680 м, относительные превышения водоразделов над долинами около 50 - 70 метров. Современная генерализованная дневная поверхность водоразделов на большей части площади (подрайон «Сечинский пенепплен») имеет уклон в южном направлении с изменением абсолютных отметок 1680 до 1570 м. Понижение имеет ступенчатый характер с разницей в высоте уступов 20-30 метров. Южные склоны уступов пологие, падение по уклону достигает 5-8 метров на километр протяженности. Склоны чаще всего выпуклые, с пологими, до субгоризонтальных приводораздельными площадками и достаточно крутыми (до 35°) нижними прирусловыми частями. Их поверхность осложнена делями, потяжинами, промоинами, оврагами. Головные уступы оврагов выражены вертикальными обрывами высотой до 15 метров. На склонах нередко отмечаются следы оползания и вязкого течения. Не вписываясь в современный структурно-геоморфологический план, отмечаются водоразделы, унаследованные с древнего пенепплена.

Речная сеть территории густая, по преимуществу древовидная. Ее густота достигает 4 километра на км². Поперечные профили речных долин от V-образных (долины с I по III порядка включительно) и до корытообразных. Речные долины, преимущественно, приразломные. Наиболее крупные из них имеют субмеридиональные направления, пересекают квестообразные структуры.

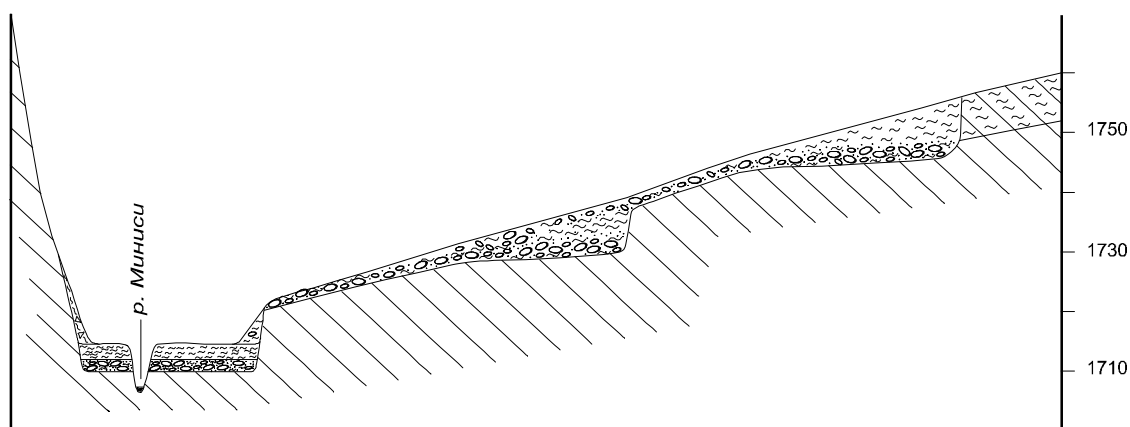


Рис. 2. Схема строения террасоувалов р. Миниси

Как уже отмечалось выше, крупные речные долины имеют два уровня цокольных надпойменных террас, расположенных с превышением над современной поймой 15 и 40 метров соответственно. Их ширина в среднем составляет 150-200 м. В современном рельефе они практически не выражены и представляют собой пологонаклонные в сторону современного русла поверхности террасоувалов (рис. 2).

Пойменные террасы имеются в долинах рек III-VI порядков, причем по долинам III порядка они развиты достаточно фрагментарно. Поверхность пойм ровная, местами осложненная пролювиальными конусами выноса. Тыловой шов закрыт шлейфом делювия.

В настоящее время русла рек находятся на стадии глубины эрозии. Практически везде они переуглублены в цоколь пойменных террас. У рек высоких порядков русло меандрирует с перемывом пойменных отложений. Отмечаются боковые подмывы коренных бортов. Средний уклон русел составляет 5-8 метров на километр. Зачастую они имеют ступенчатый продольный профиль, выражающийся в водопадах, перекатах, шиверах на местах выходов скальных коренных пород.

Современные экзогеодинамические процессы

Среди большого разнообразия экзогенных геодинамических процессов выделяется три главных группы: гравитационные, водно-гравитационные и водные [5]. Две последние группы наиболее широко проявлены на территории исследований.

Гравитационные процессы (осыпи, обвалы) имеют весьма ограниченное распространение и развиваются лишь на крутых северных склонах «Grand-Chi Escarpment», по скальным склонам хребта Денги, в подмывах речных русел, а так же в головных частях оврагов. Специфика природно-климатических условий предопределяет наибольшее развитие этих процессов, как и процессов двух других групп, в летний сезон дождей. Статическое равновесие грунтов, в том числе и скальных на стадии первичной

дезинтеграции, во время их обводнения резко нарушается, что приводит к активизации гравитационных процессов. Также в летний сезон значительно возрастает гидродинамический потенциал рек, происходит подмыв бортов, в свою очередь, ведущий к их обвалу с образованием перлювиальной составляющей аллювиальных отложений русел.

Практически в чистом виде гравитационные отложения представлены небольшими по объему фрагментами активно разрушающихся образований в руслах современных водотоков. Кроме этого, тела полигенетического генезиса, существенную роль в образовании которых сыграли гравитационные обвально-осыпные процессы, фиксируются у подножий крутых, свыше 35°, склонов. Эти образования порой имеют достаточно большие размеры площадью до 10 000 м². и объемом в 50 – 90 тысяч м³. Литологически это несортированные и неокатанные обломки глыбово-валунной размерности с суглинисто-глинистым заполнителем.

Влияние процессов гравитационной группы является весьма несущественным при перераспределении золота в экзогенезе. Это связано с ограниченностью проявления данных процессов на территории и самой их спецификой (чаще всего, они носят единовременный, разовый характер и не в состоянии повлиять на перемещение более или менее значимого количества вещества). При гравитационных процессах не происходит дифференциации материала ни по крупности обломков, ни по их удельному весу. Вряд ли существенна роль этой группы и в высвобождении знаков золота из вмещающих пород. Тем не менее, при шлиховом опробовании коллювиальных тел нами отмечались содержания золота в виде мелких единичных знаков «рудного» облика. Распределение знаков не контролируется ни глубиной взятия пробы, ни ее положением на площади изучаемого объекта.

Находки, пусть и единичных знаков, все же указывают на некоторую роль гравитационных процессов в перераспределении золота, тем более существенно важную, если продукты обвалов и осыпей попадают в зону действия водных или водно-гравитационных потоков. В этом случае процессы гравитационного ряда служат транспортировочным

звеном при доставке материала от коренных источников.

Водно-гравитационные процессы – оползневые, тропическая солифлюкция, дефлюкция на территории исследований развиты несравненно шире, чем процессы предыдущей группы. Практически на всей площади, по склонам крутизной от 5 до 45 градусов, в той или иной мере отмечаются следы деятельности водно-гравитационных процессов, что выражается в виде специфических форм микро и нанорельефа – оползней, оплывин, пльвунов, курумников, следов пучения. Естественно, по своей специфике эти процессы интенсивно развиваются на площадях с грунтами глинистого, суглинистого, песчаного состава, то есть на участках, где мелкообломочная часть представлена в достаточном количестве.

Оползни на территории развиты спорадически. В верховьях оврагов часто имеют место блоковые оползни деляпсивного (по А.П. Павлову, 1903) характера. Их размеры невелики – до 3 000 куб. м. Высота стенок отрыва нередко достигает десяти метров. Нередко можно наблюдать и пластовые оползни площадью до первых сотен квадратных метров, являющиеся результатом дальнейшего развития процессов дефлюкции.

Дефлюкционные процессы на площади работ развиваются повсеместно и находят свое выражение в том, что склоны в той или иной мере покрыты расположенными вдоль них небольшими ступенчатыми оплывинами с высотой 15-20 см и протяженностью в первые метры. Нередко, особенно в нижних частях склонов, эти процессы сопровождается скоплением оплывшей массы детрузивного характера с разрывами сплошности дернового покрова и образованием террасовидных форм рельефа. Достаточно часто на склонах речных долин наблюдается явление «пьяного леса».

Специфической формой дефлюкционной деятельности являются тропические курумники. При движении обломочного материала вниз по склону, в результате пучения, крупнообломочный материал выдавливается на поверхность и визуально выглядит как классические каменные потоки. В разрезе же, под валунным горизонтом, можно наблюдать два-три метра глины со следами вязкого течения. В глинистый матрикс включены обломки подстилающих пород, которые в свою очередь будут также выведены на поверхность.

Следы жидкого оплывания в виде пльвунов фиксируются на незадернованных склонах. В связи с практически сплошной задернованностью территории масштабы солифлюкционной деятельности невелики. Размеры потоков по площади редко достигают нескольких сотен квадратных метров. Наиболее активно они проявлены по оползневым поверхностям скольжения, в местах активной аграрной деятельности (распашка, интенсивный выпас скота).

Водно-гравитационные процессы играют важную роль в перераспределении химических эле-

ментов, так как охватывают практически всю площадь работ. В их деятельность вовлечены огромные массы пород, в том числе и золотосодержащих (при условии повышенного регионального фона золотосодержимости и наличия рудопроявлений). Водно-гравитационные процессы по сравнению с таковыми других групп, имеют доминирующее значение в транспортировке золота от первоисточников к различного рода депрессиям. Там происходит или накопление металла (в случаях замкнутых депрессий), или его дальнейшая переработка водными потоками (незамкнутые депрессии).

Высвобождение золота, как полезного компонента включенного во вмещающие породы, происходит именно на делювиальной стадии. На это четко указывал еще Ю.А. Билибин. [6], понимая под этим разнообразные процессы, происходящие на склонах. По нашему мнению, при высвобождении полезного компонента наиболее важны именно водно-гравитационные процессы, при которых осуществляется перемещение обломков различных фракций, их взаимное перемалывание и истирание. При движении вниз по склону происходит перемешивание пород в толще плаща склоновых отложений. Благодаря этому на дневную поверхность выводятся все новые и новые порции материала. На поверхности обломки пород более интенсивно подвергаются агентам химического и физического выветривания. В основном же, в тропическом или близких к нему климатах высвобождение полезного компонента из вмещающих пород происходит в результате химического выветривания.

При процессах водно-гравитационного ряда практически не зафиксировано фактов дифференциации материала по удельному весу. При проходке горных выработок по склоновым отложениям содержания металла от знаков до веса отмечались по всем опробованным интервалам от дневной поверхности (включая и почвенно-растительный слой) до подошвы пласта (чаще всего, это начало зоны первичной дезинтеграции). Мощность золотосодержащих склоновых отложений, где фиксируются следы пластичных течений, варьирует от первых сантиметров до нескольких метров. При этом слабо, но намечается закономерность в распределении металла в толще склоновых отложений: – обогащение мелким золотом верхней части разреза и более крупным – нижней части. Это наиболее четко прослеживается в приподошвенной части склона. Повышенные содержания металла в рыхлых образованиях склонов четко приурочиваются к первичным источникам, в роли которых выступают объекты эндогенной и экзогенной (различного рода промежуточные коллектора) групп. В близости от первоисточника содержания золота выше. Вниз по склону количество полезного компонента разубоживается, его распределение по латерали чаще всего приобретает вид веера с вершиной к источнику сноса. По нашим наблюдениям такая форма механического ореола свойственна для коренных рудопоявлений золотокварцевой

формации, так как в современном рельефе кварцевые жилы предопределяют возвышенные участки рельефа.

В случае приуроченности золота к эндогенным рудопроявлениям в пробах отмывалось типично «рудное» золото – неокатанное, часто с гладкой без шагрени поверхностью, нередко в сростках с кварцем, отпечатками пирита. Лишь иногда, на выделениях сложной формы (дендриты, цементационные виды – т.е. там, где имеют место достаточно большие апофизы) отмечались следы транспортировки в виде погнутоостей, замятин, не ясно выраженной закатки. При перетолжении металла из источников экзогенной природы (древние россыпи, объекты элювиального генезиса) золото сохраняет тот облик, который оно имело до попадания в сферу деятельности водно-гравитационных процессов – золотины окатанные, в рубашке гидроокислов железа, в сростках с латеритной глиной.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что склоновые образования водно-гравитационного генезиса следует рассматривать как россыпи ближнего сноса. Правда, обогащение толщи рыхлых отложений полезным компонентом происходит не за счет водно-гравитационных процессов, где это практически невозможно по самой сути, а за счет процессов водной группы. Тем не менее, считаем нужным повториться, что именно водно-гравитационные процессы производят основную работу по перемещению золота в экзогенных условиях.

Водные процессы – объединяют большую группу проявлений экзогеодинамической активности с самой различной величиной энергии. Сюда входят процессы плоскостного смыва, с образованием делювия (в своем первоначальном понимании (А.П. Павлов 1890г.), а также линейной эрозии с образованием отложений от пролювиальных до аллювиальных через широкий спектр различных переходных типов. В любом случае эти процессы объединяет то, что в массе перемещающегося потока водная составляющая преобладает над обломочной.

Плоскостному и мелкоструйчатому смыву подвержена территория всей площади работ. Плоскостной смыв во время катастрофических летних ливней, в среднем, достигает первых сантиметров в год. При этом существенную роль играет состояние склонов. Если на задернованной поверхности смыв практически отсутствует, то в случае с незадернованной поверхностью эрозия приобретает весьма значимые размеры – до десяти сантиметров в год. Здесь уместно привести данные наблюдений, проведенных в Кот-Дивуар. При близких там и на нашей площади природно-климатических условиях выявлена следующая закономерность – в плоскостном стоке участвует порядка 1,5% от годового количества осадков и 5,96% лишь во время сильных ливней. В условиях окультуренных площадей поверхностный сток метеорных вод достигает 20% [7]. Все остальное тратится на промыв, внутреннее увлажне-

ние и испарение. В дождливый максимум при насыщении грунтов влагой на поверхностный сток, по-видимому, приходится достаточно большая часть воды. При этом возрастает и энергия площадного потока, достигающего мощности в десяток и больше сантиметров [8]. В результате действия процессов плоскостного смыва образуются специфические формы микро- и нанорельефа – водороины, дели, водобойные ниши и т.д. Первые две из названных форм являются переходными к образованиям, связанным с линейной эрозией.

В связи с интересующей нас темой перераспределения материала в ходе плоскостного смыва необходимо акцентировать внимание на некоторых аспектах самого процесса. Учитывая невысокую энергию потока, активному сносу подвержены частицы размером порядка 0,2 мм. После высвобождения из глинисто-алевритистого матрикса более крупные обломки перемещаются за счет скольжения, перекачивания, волочения. Процесс перемещения обломков крупной фракции наблюдается на склонах от пяти и более градусов. Субгоризонтальные водораздельные площадки в данном случае находятся в более щадящем режиме проработки плоскостным потоком. Отсюда выносятся лишь тонкие частицы, грубообломочная фракция остается на месте и лишь экспонируется на обновляемую эрозионную поверхность с формированием перэлювия. В случае выходов на водораздельные поверхности золоторудных объектов образуются элювиальные россыпи типа «водораздельные галечники». На склонах активно сносится мелкое золото с низкой гидравлической крупностью. В процессе переноса по поверхности склона происходит дифференциация материала по удельному весу. В микропонижениях склонов (мелкие водороины, водобойные ниши) повсеместно наблюдается скопление «черного» шлиха, а в непосредственной близости к первоисточникам и большого количества тонкого золота. Местные старатели используют это явление, и в конце сезона дождей промывают скопившийся в микропонижениях материал, отбирая лишь самый верхний обогащенный слой. Крупное золото для плоскостного сноса на склонах практически неподвижно и благодаря высокому удельному весу просаживается в нижние горизонты зоны экзогеодинамической активности грунтов, попадая под действие водно-гравитационных процессов. У подножий склонов, в зонах развития полигенетических (водных и водно-гравитационных) делювиальных шлейфов, происходит разубоживание полезного компонента.

Рассмотрев проявления плоскостной эрозии, надо отметить, что данные процессы являются первой, самой низкой ступенью в механическом обогащении золотом. Именно процессы плоскостной эрозии, благодаря создающимся условиям для дифференциации материала, приводят к образованию россыпей элювиального и делювиального генезиса.

Верхние звенья рельефа, образованные линейной эрозией (промоины, балки, овраги), на тер-

ритории распространены повсеместно. Они не имеют постоянных водотоков. В настоящее время в связи с общим воздыманием территории процессы линейной эрозии интенсивно развиваются, вершины большинства оврагов имеют активные головные уступы. Во время дождливого сезона интенсифицируется их развитие. Проллювиально-аллювиальные отложения в днищах балок и оврагов образуются спорадически. Процесс их накопления приурочен к концу сезона дождей в связи со снижением активности временного водного потока. Аккумуляции способствует и то, что в это время активно продолжается поступление все еще перенасыщенного влагой материала со склонов за счет водно-гравитационных процессов. В разгар сезона дождей срывающая сила образующихся линейных потоков такова, что практически весь скопившийся материал сносится, и обнажается плотик временного водотока, засыпанный перлювием. В устьевых частях оврагов и балок, то есть там, где они выходят на выположенные участки рельефа, фиксируются конуса выноса.

При опробовании проллювиального материала днищ оврагов и балок, закономерностей в распределении золота по простиранию не отмечено. По разрезу однозначно устанавливается приуроченность повышенной золотоносности плотика и приплотиковой части. Характер золотин (неокатанные, угловатоокатанные) указывает на практическую неподвижность золота в условиях овражно-балочной сети. Здесь следует оговориться, что в приплотиковой части было отмыто золото класса более 0,2 мм. Поведение мелкого тонкочешуйчатого золота нами не выяснено, но учитывая его отсутствие в пробах, можно предположить, что оно практически нацело сносится. Наоборот, проллювиальные конуса выноса заметно обогащены тонким золотом. Здесь оно устанавливается повсеместно, даже в независимости от близости коренного источника. Такая закономерность полностью отсутствует в случае развития линейных эрозионных форм на крутых скальных склонах. Крутизна продольного профиля предопределяет практически полный снос попавшего в тальвег материала, и золото не является здесь исключением. Конуса выноса каньенообразных сайев, расщелин, водосборных лотков существенно обогащены металлом. Наиболее крупные золотины сосредоточены в вершинах конусов выноса. В этом случае отмечается четкая приуроченность проллювиальных россыпей к коренным источникам эндогенной природы.

В настоящее время проллювиальные россыпи интенсивно разрабатываются старателями. После каждого сезона дождей разработки возобновляются на прежде отработанных участках. В основном отрабатывается пролювий небольших сайев в своей приустьевой части. Материал на промывку отбирается между валунами. Содержания достигают 3-5 г/м³, при запасах в первые килограммы.

В речной системе территории работ по своей динамике четко выделяется два типа рек. Первый -

реки большей части площади, с более или менее ламинарным течением, развитыми долинами, выработанным профилем равновесия. Это характерно для водотоков III-VI порядков. Ко второму типу относятся водотоки более низких порядков, по преимуществу расположенные на хребте Dengi Ridge. Это типично горные реки. Для них характерны каньенообразные долины с водопадами и скальными перекатами. Период паводка приходится на летние месяцы сезона дождей. В это время резко возрастает энергия потока, уровень воды поднимается на 3-5 метров от межени, течение всех рек приобретает турбулентный характер, возрастает мутность и плотность потока за счет сносимых мелких частиц.

Реки второго типа по своим динамическим характеристикам и влиянию на частицы золота близки к вышеописанным временным водотокам. Инстративный аллювий маломощен или отсутствует вообще, велика доля перлювия. Распределение золота в долинах этих рек весьма неравномерно. Металл сосредоточен в щетках плотика, котлах вымывания. В редких пойменных террасах преобладает крупное золото. Учитывая небольшие объемы материала, запасы россыпей горных рек весьма небольшие - первые десятки килограммов, но содержания иногда достигают десяти и более граммов на кубический метр. Как и в случае с временными водотоками, мелкое золото не концентрируется и практически нацело выносится в низовья, где динамика водного потока много спокойнее.

Долины с ламинарным течением, пожалуй, главный источник золота при его добыче из россыпей. Именно здесь происходят основные процессы, ведущие к обогащению аллювия золотом. По всем речным долинам подрайонов «Сечинский пенеплен» и «Плато Денги» выявлены содержания золота от знаков до 40 г/м³ при наличии рентабельных для добычи участков с запасами в десятки, до сотни, килограммов. При проведении ревизионных работ отмечены следующие закономерности:

1. Золото крупной фракции (более 0,2 мм.) приурочено к нижней части валунно-галечных отложений русловой фации, спаю с плотиком и первым сантиметрам глинистого плотика. Мощность «песков» составляет 0,2-0,4 метра. При этом в головной части россыпи при едином первоисточнике золото крупной фракции (один и более миллиметра) явно преобладает над мелким.

2. Вышележащие «торфа» так же золотоносны, при этом золото сконцентрировано в верхней части песчано-глинистого разреза пойменной фации аллювия. Размер золотин менее 0,1 мм. Золото «плавающее». Интересно, что здесь количество знаков на пробу (0,2 м³) достигает нескольких десятков.

Таким образом, перенос металла осуществляется по следующей схеме. Крупное золото мигрирует в нижней части водного потока перекачиванием, волочением. Расстояние переноса от места, где золотины попали в поток, составляет от первых десятков до сотни метров. Самородки весом в грамм и

более практически неподвижны, что отмечалось и другими исследователями [9]. Присутствие золота в отложениях пойменной фации заставляет признать тот факт, что мелкие золотины определенной морфологии (тонкие пластинки, знаки чешуйчатого облика) перемещаются в толще водного потока и отлагаются на пойме в местах разгрузки и аккумуляции частиц песчано-глинистой фракции. Приходя к выводу о вероятности перемещения тонкого золота в массе потока, легко допустить возможность его переноса на практически любые расстояния. Это объясняет широкое распространение мелкого россыпного металла по площади. Интенсивному заражению территории таким золотом способствует и наличие промежуточных коллекторов. В нашем случае это надпойменные террасы, полигенетические россыпепроявления эпохи пенебленизации и т.д.

Выводы

Многочисленные и сложные процессы экзогеодинамического ряда, влияющие на перераспределение золота распадаются на две категории. К первой, по преимуществу отвечающей за транспортировку металла от первоисточников и его высвобождение из вмещающих пород, относятся процессы водно-гравитационной и, в меньшей степени, гравитационной групп, происходящие на склонах различной крутизны. При этом не происходит дифференциации материала; золото вместе со всем объемом обломочного матрикса перемещается на более низкие гипсометрические уровни. Условия миграции золота подчинены тем же законам, что и для основной массы пород, вовлеченных в зону экзогеодинамической активности. В процессе движения происходит разрушение грубообломочного материала и высвобождение знаков золота из руды. Вторая категория – группа водных процессов. Именно здесь происходит концентрация металла за счет вы-

носа более легких частиц. Как показано выше, роль транспортировки золота водными потоками существенна лишь для тонкого золота. Отсюда следует важный при поисках металла вывод – наличие в россыпях крупного золота подразумевает непосредственную близость его первоисточника. Это утверждение требует оговорок – в качестве первоисточника могут выступать как эндогенные объекты (чаще всего золотокварцевой формации, изначально несущей крупное золото), так и самые разнообразные экзогенные – коры выветривания, россыпи промежуточных коллекторов и другие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трегуб А.И., Глушков Б.В., Корабельников Н.А., Устименко Ю.А. Экзогенные геодинамические процессы: оценка, прогноз, мониторинг (на примере Воронежской области). -Воронеж, 1999. –76 с.
2. National atlas of Ethiopia. –Addis-Ababa, 1981. –140 p.
3. Тимофеев Б.В., Обухов А.И. Содержание микроэлементов в почвах зоны саванн республики Мали // Почвоведение. –1991. -№ 7. -С. 40-49.
4. Лапухов А.С. и др. Новое золоторудное поле Сечи-Джирма на западе Эфиопии // Геология рудных месторождений. -2001, Т. 43, № 6. -С. 556-561.
5. Воскресенский С.С. Динамическая геоморфология. Формирование склонов. -М., 1971. –229 с.
6. Билибин Ю.А. Основы геологии россыпей. – М., 1955. –472 с.
7. Roose E.T. Importance relative de l'erosion, du drainage oblique et vertical dans la pedogenese actuelle d'un sol ferrallitique de moyenne Cote d'Ivoire. Deux annees de mesure sur parcelle experimentale // Cah. ORSTOM. – 1970. -Ser. Pedol. -Vol. 8, № 4. -P. 469-482.
8. Селиверстов Ю.П. Эволюция рельефа и покровных образований влажных тропиков Сахарской платформы. –Л., 1978. –240 с.
9. Воскресенский С.С. Геоморфология россыпей. -М., 1985. –208 с.