

ЦИРКУММЕНТЫ КАК ОСОБЫЙ ВИД ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Д. В. Ильяш, В. В. Ильяш

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 12 января 2015 г.

Аннотация: *в отдельных районах ЦЧО широко развиты изометричные депрессионные мезо- и микроформы рельефа, не имеющие общепринятого названия. Особенность их пространственного распределения в исключительной приуроченности к водоразделам современной гидросети, где они группируются в системы линейной или изометричной формы (ансамбли). Предлагается называть их циркумментами. С точки зрения экологии представляют интерес как особые природные системы, с которыми связаны геохимические аномалии и повышенный радоновый поток.*

Ключевые слова: *циркумменты, морфоструктуры, геохимические аномалии, радоновый поток.*

ZIRCUMMENTS AS SPECIAL TYPE OF ECOLOGICAL-GEOLOGICAL SYSTEMS

Abstract: *in some regions of the Central Chernozemic Region the isometrically lowered mezoforms and microforms of relief are widely developed. Feature of their spatial distribution consists in a communication of a hydraulic river system, where they are grouped in systems of a linear or isometrically form (ensembles). It is offered to call them zirkumments. From the point of view of ecology are of interest as special natural systems with which geochemical anomalies and the raised radonic stream are connected.*

Key words: *zirkumments, morphostructures, geochemical anomalies, radonic stream.*

Введение

В отдельных районах ЦЧО широко распространены изометричные депрессионные мезоформы рельефа, не имеющие общепринятого названия. Их именуют по-разному: степные блюдца, западины, березовые колки, осиновые кусты, пады [1]. По аналогии с широко употребляющимся термином «линеамент» мы предлагаем называть их «циркумментами» от латинского «circum - вокруг, кругом, и «mentum» – возвышать, выделять. Тем самым, заменяются многословные и разные обозначения, а в названии отражается их главная морфологическая особенность.

По поводу их происхождения выдвигались самые разные гипотезы, ни одна из которых не нашла общего признания. Обзор их дан В.И. Федотовым и др. [2]. В основном подобные образования рассматриваются как результат экзогенных процессов, однако некоторые из исследователей не исключают возможную связь их и с внутренней геодинамикой Земли [3–5]. Нами уже отмечалось пространственное совпадение гидрохимических аномалий железа и марганца в Липецкой области с площадями плотного развития таких форм [6, 7]. В настоящей статье приводятся новые данные по особенностям литологии, геохимии, почвенного и растительного покрова, радонового потока в пределах этих депрессий. Имеются основания су-

дить о том, что эти формы рельефа являются особым типом природных систем, которые генерируют процессы и явления, способные оказывать негативное воздействие на почвенный и растительный покров, на химический состав подземных вод. Кроме того, циркумменты и их ансамбли могут служить индикаторами морфоструктур различного ранга.

Надо заметить, что подобные образования распространены достаточно широко и в восточных регионах РФ, особенно на территориях нефтегазовых провинций. В Европейской части их обилием отличаются восточные районы Липецкой области, северные – Воронежской, западные и южные районы Тамбовской области. Перечисленные районы в геоморфологическом плане принадлежат Окско-Донской низменности, сложенной рыхлыми, преимущественно аллювиальными неоген-четвертичными песчаными отложениями.

Методика исследований

При изучении циркумментов нами применялся комплекс методов, которые можно разделить на три группы: дистанционные, полевые и аналитические. Полевые методы применялись для контроля и уточнения данных, полученных в ходе изучения дистанционных материалов, для морфометрии, отбора проб

и определения физико-химических параметров почвенного покрова, подстилающих отложений, грунтовых вод, замеров радонового потока, для выявления роли в межкомпонентных ландшафтных связях. Замеры pH почвенного раствора, объемной активности (ОА) в скважинах и плотности потока радона (ППР) на поверхности проводились как дифференцированно по морфологическим элементам циркумментов, так и по регулярной сети на некоторых участках. Для выяснения характера литологии и оценки геохимических параметров по радиусу одного из циркумментов в окрестностях села Ступино Рамонского района был разбурен профиль скважин механического колонкового бурения глубиной по 10 м. Здесь по разрезу на литологический и минералогический анализы было отобрано и проанализировано 36 проб.

Морфология и фитозональность

Все циркумменты, независимо от размера и степени выраженности в рельефе, характеризуются сходным морфологическим строением. В них практически всегда достаточно отчетливо выделяются главные морфологические элементы: внешний вал, склон, и днище. Им соответствуют кольцевые зоны и других ландшафтных компонентов: растительности, почвенного покрова, литологии и геохимии.

На местности внешний кольцевой вал обычно достаточно хорошо выражен в рельефе, он двускатный, при этом внешний скат менее заметен. Превышение гребня вала относительно днища в крупных циркумментах может достигать 6 – 10 м. Изредка в одном циркументе можно наблюдать два и даже три вала. Внутренний скат вала заканчивается уступом, после которого начинается пологий и длинный склон структуры, занимающий основную часть ее площади. Центральную зону занимает чашеобразное днище. Закрытый контур всей структуры превращает ее в локальный водоприемник поверхностного стока. Характер увлажненности почвы и грунтов соответственно морфологии – зональный, отсюда и природа фито-

нальности. В естественных условиях по мере возрастания гидрофильности по направлению к центру котловины происходит смена фитоценозов от мезофитов до гидрофитов. Выделяется обычно до пяти зон. Периферийная, переходная к фоновому растительному покрову – зона низкой биопродуктивности с редким травостоем, в котором заметную роль играют хвощи. Ниже их сменяют луговые травы, затем следуют влаголюбивые деревья и кустарники (береза, осина, ива, ольха). Четвертую зону представляют травянистые гидрофиты (осоковые). И внутренняя зона это ниша болотистого кочкарника. Здесь может быть и открытое пространство воды, в этом случае циркумменты имеют вид болота или озера круглой формы.

Морфология и геохимическая зональность

Фитоценозы являются чувстыми индикаторами не только степени увлажненности почвы, но и почвенных физико-химических условий (кислотно-щелочного и окислительно-восстановительного потенциалов pH и Eh). В качестве индикаторов этих условий служат окисные соединения железа и марганца – элементов с высокими кларками, переменной валентности, изменяющих растворимость и окраску соединений в зависимости от степени окисленности этих металлов. Растворимость соединений железа и марганца в целом увеличивается с ростом восстановленности и кислотности, поэтому почвы в таких условиях оказываются выщелоченными за счет выноса полуторных окислов, гумуса и коллоидов, но обогащаются кремнеземом, за счет чего приобретают светлую окраску. Подпочвенные воды при этом обогащаются фульвокислотами и загрязняются металлами. В циркумментах эта бинарная геохимическая система (почва-вода) проявлена очень контрастно. В почвах в качестве остаточного продукта образуются горизонты солодей, а подземные воды при этом сильно загрязняются продуктами выщелачивания, в первую очередь железом и марганцем с превышениями ПДК в десятки и сотни раз (табл. 1).

Таблица 1

Содержание железа и марганца в грунтовых водах циркумментов

Местоположение скважин	Железо		Марганец		pH
	Содержание, мг/л	Коэффициент загрязнения относительно ПДК (0,3 мг/л)	Содержание, мг/л	Коэффициент загрязнения относительно ПДК (0,1 мг/л)	
Воронежская обл. Эртильский район, в 2 км к СВ от с. Щичинские пески	1,3	4,3	0,42	4,2	7,05
Воронежская обл. Рамонский район, в 3 км к В от с. Ступино	51,25	170,8	0,38	3,8	6,03
Воронежская обл. Рамонский район, в 3,5 км к СВ от с. Ступино	1,5	5,0	0,85	8,5	6,05
Воронежская обл. Новохоперский район, в 4 км к З от с. Алферовка	56,25	187,5	0,12	1,2	5,41
Липецкая область. Усманский район, в 2,5 км к СВ от с. Кривка	5,43	18,1	0,23	2,3	6,27
Липецкая область. Добринский район, в 1 км к СВ от с. Средняя Матренка	15,23	50,8	1,14	11,4	6,13
Липецкая область. Добринский район, в 5 км к СЗ от с. Талицкий Чамлык	7,86	26,2	0,08	0,8	5,38
Липецкая область. Добринский район, в 2,5 км к Ю от п. Добринка	5,72	19,0	0,56	5,6	6,24

Везде в циркумментах наблюдается сходный тренд изменения физико-химических условий по морфологическим ступеням. Почвы по всей площади циркуммента отличаются кислой реакцией среды, но при этом наблюдаются два минимума значений pH – у внутренней бровки кольцевого вала и в пределах днища. Концентрации железа и марганца в почвах снижается с уменьшением значения водородного показателя. Они минимальные у внутренней бровки кольцевого вала и в пределах днища (рис. 1). Соответственно в некоторых циркумментах можно наблюдать осветленные зоны выщелачивания как внешнюю, так и внутреннюю (рис. 2, 3). Внутренняя зона в некоторых циркумментах может быть перекрыта гумусовым

горизонтом, отчасти аллохтонным, за счет смыва со склонов.

По сравнению с почвой мезофитов, в почве гидрофитов почти в пять раз меньше железа и в пятнадцать раз меньше марганца, в два раза меньше магния, но более высокое содержание сульфат-иона. Эти различия в химическом составе и являются причиной изменения окраски почвенных горизонтов в разных зонах циркуммента. Обращает на себя внимание тот факт, что внешняя зона даже самого мелкого циркуммента, не будучи выраженной в рельефе, оказывает очевидное угнетающее воздействие на растительность, в том числе и на сельскохозяйственные культуры (рис. 4).

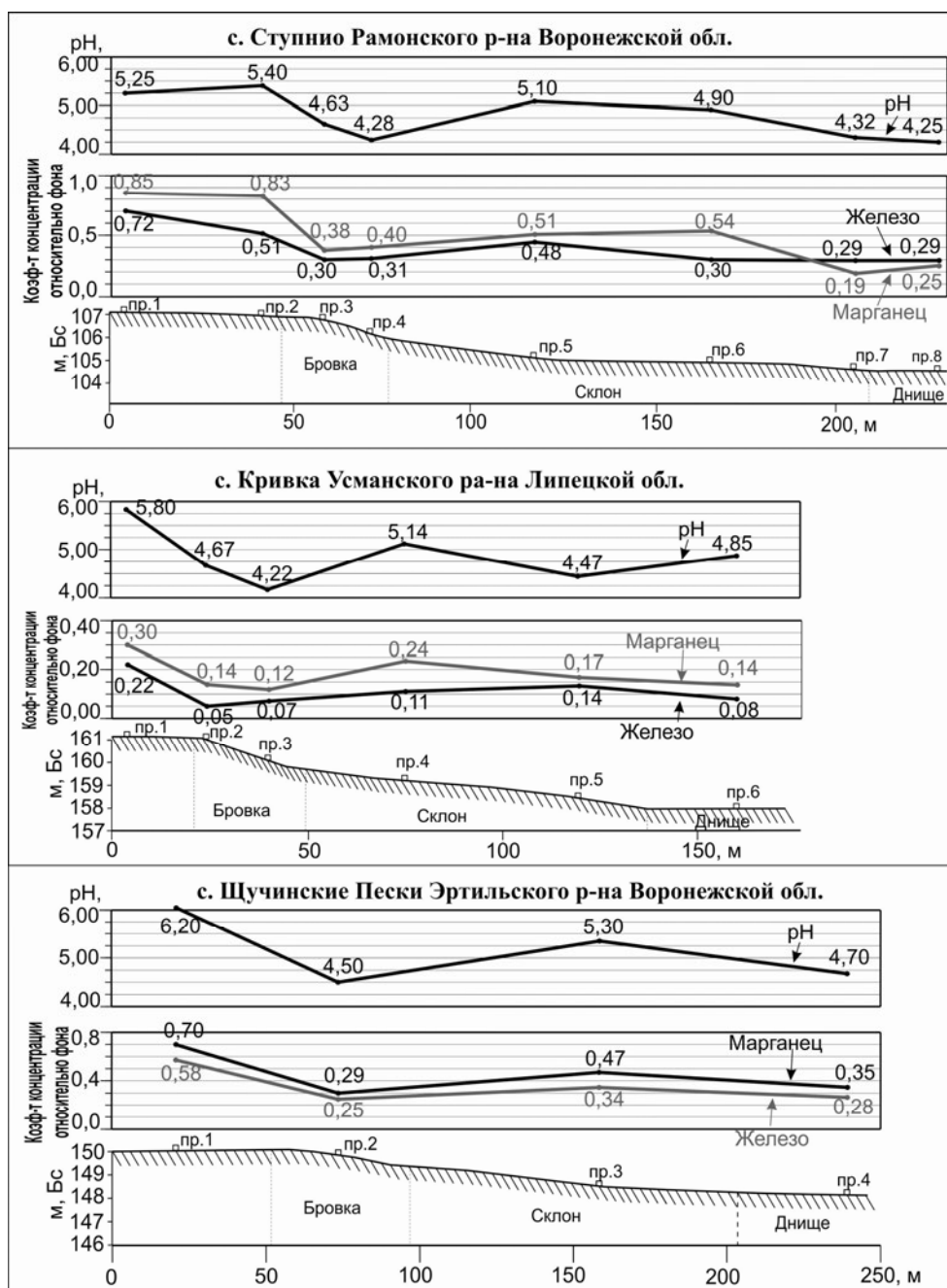


Рис. 1. Осеннее поле в Добринском районе Липецкой области. Кукурузные стебли теряют рост на границе с циркумментом.



Рис. 2. Внутренняя белесая зона распаханного циркуммента. Боево, Воронежская область.



Рис. 3. Внешняя белесая зона циркуммента. Добринский район Липецкой области



Рис. 4. Изменения pH и коэффициента концентрации в почвах (отношение содержания в пробе к фоновым значениям) железа и марганца по морфологическим элементам циркумментов в разных районах имеют сходный тренд

Радоновый поток и циркумменты

Замеры интенсивности радонового потока в настоящее время входят в комплекс обязательных оценочных параметров при инженерно-экологических

изысканиях. Кроме того, эта методика находит все более широкое применение и в геолого-структурном картировании [8]. По нормам радиационной безопасности для РФ (НРБ -96, МУ 2.6.1.715-98) предельно допустимое значение эквивалентной равновесной объемной активности для существующих жилых зданий составляет 200 Бк/м^3 , а для вновь строящихся – 100 Бк/м^3 . Нами установлено, что площади плотного развития циркумментов в целом отличаются повышенными значениями радонового потока (рис. 7), но он дифференцирован по морфологическим элементам отдельного циркуммента. На ряде участков режимных наблюдений в Липецкой и Воронежской областях отмечены значительные превышения объемной активности радона, достигающей $13\,000 \text{ Бк/м}^3$ (Новохоперский, Павловский, Новоусманский Грязинский, Усманский, Добринский районы).

Замеры как объемной активности (ОА), так и плотности потока радона показывают устойчивый тренд дифференциации значений этих параметров по морфологическим элементам. В пределах днища значения ОА минимальны (от 100 до 2000 Бк/м^3), на склонах они промежуточные ($700 - 5000 \text{ Бк/м}^3$), а максимальных значений достигает у подножия обрамляющего вала (от 1000 до 13000 Бк/м^3). Аналогичным образом меняются значения и плотности радонового потока (рис. 5).

Литологические особенности морфологических элементов циркумментов

Ранее нами высказывались общие соображения о роли литологического фактора при образовании циркумментов [4]. Наибольшего развития последние достигают на площадях развития рыхлых песчано-алевритовых отложений с заметной долей в их составе пылеватого и растворимого материала. Детальный литологический разрез по радиусу одного из циркумментов у с. Ступино составлен нами по скважинам, пробуренным механическим колонковым способом глубиной до 10 м (см. рис. 5). Разбуренный циркуммент можно считать типовым – здесь хорошо выражены все морфологические элементы и сопряженные с ними почвенные и растительные зоны.

Под почвенным покровом залегает нерасчлененная толща субаэральных делювиальных образований верхнего звена неоплейстоцена, представленная в пределах внешней зоны суглинками, в том числе и лёссовидными, общей мощностью всего 0,8 м. Под ними вскрыта песчаная толща второй надпойменной террасы (микулинский и калининский горизонты верхнего звена неоплейстоцена). Особенность изменения гранулометрического состава песчаной толщи вдоль профиля заключается в том, что наиболее крупнозернистые и однородные пески залегают ближе всего к поверхности в пределах кольцевого вала, а затем «погружаются» к центру котловины. Эти разности песков по минеральному составу кварцевые практически мономиктовые. Зерна кварца чистые, без железистых и глинистых рубашек, что возможно является следствием воздействия подкисленных водных

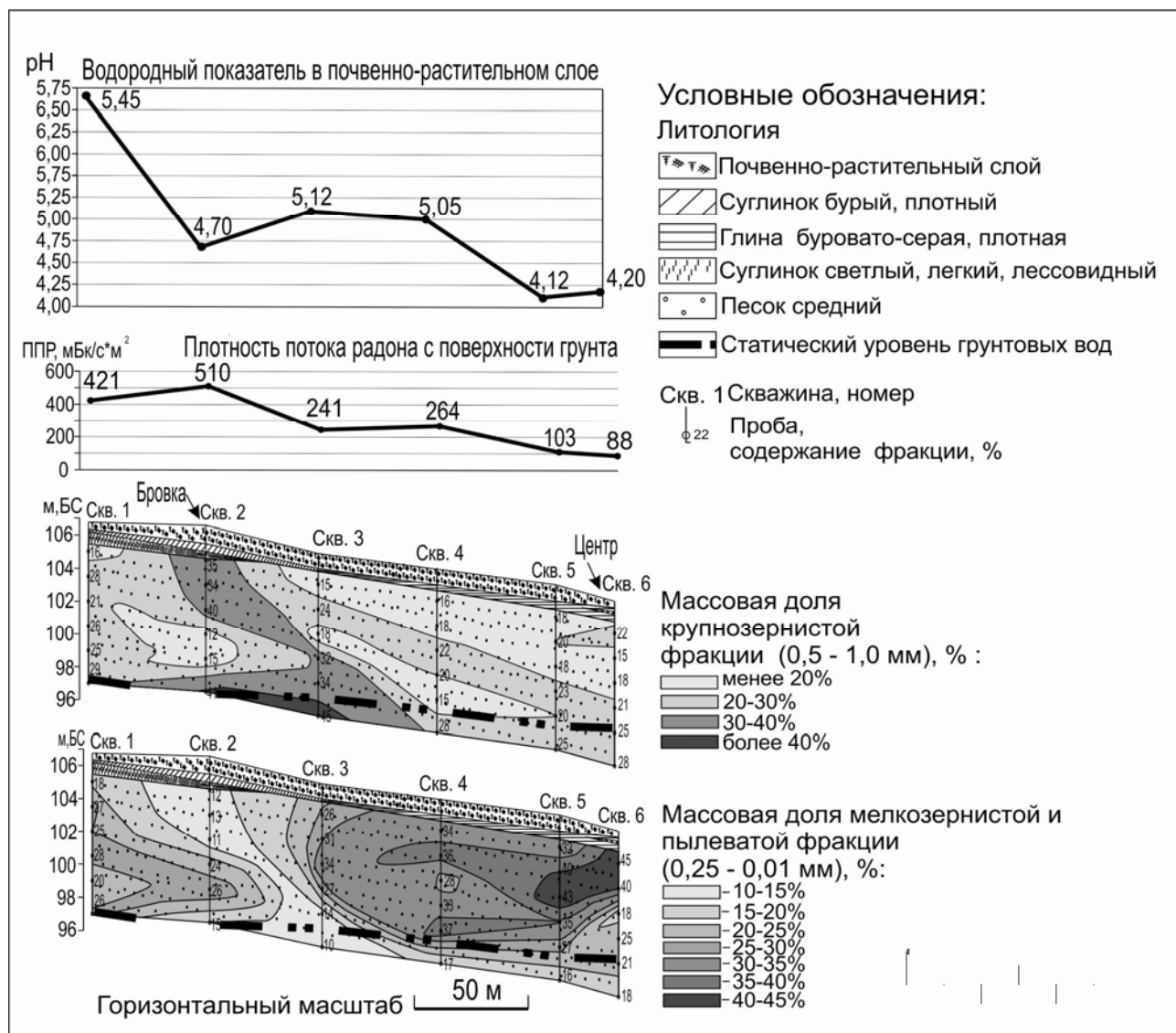


Рис. 5. Литологический разрез по радиусу циркумента с данными замеров рН и плотности потока радона (с. Ступино, Рамонский район Воронежской области).

растворов. Далее вниз по склону в приповерхностных слоях этой толщи постепенно увеличивается доля мелких и пылеватых фракций. Такое строение толщи и литолого-минералогические особенности можно объяснить выносом пылеватого и тонкого песчаного материала при инфильтрации атмосферных осадков на начальной стадии формирования циркумента и склонового сноса его в последующем к центру депрессии.

По профилю скважин выполнены замеры ОА, плотности потока радона и водородного показателя рН почвенного раствора. Максимумы плотности потока и объемной активности отмечены у подножия кольцевого вала (ОА составляла 13 000 Бк/м³), а для рН зафиксированы два минимума, один на кольцевом валу, а другой в пределах дна. Все значения плотности потока радона по профилю превышают ПДК.

Таким образом, на примере описанного разреза и данных по другим циркументам, можно видеть, что подкисленный почвенный покров в них, развитый на песках с высоким коэффициентом фильтрации, не

выполняет одну из своих основных экологических функций – роли первого от дневной поверхности буфера, препятствующего проникновения загрязняющих веществ в подземные водоносные горизонты. Поэтому в грунтовых водах этих систем концентрации железа и марганца в десятки и даже в сотни раз превышают предельно допустимые. Помимо железа и марганца здесь также отмечаются повышенные содержания свинца, урана и других металлов.

Системы циркументов и морфоструктуры

Циркументы не встречаются поодиночке, а всегда образуют скопления (ансамбли). Последние представляют собой определенным образом структурированные иерархические системы. Среди них по рисунку распространения можно выделить два типа: линейные и относительно изометричные. Ансамбли второго типа приурочены к относительно обособленным крупным положительным или отрицательным формам рельефа. Для первых характерно то, что на их вершине имеет место скопление более крупных циркументов-

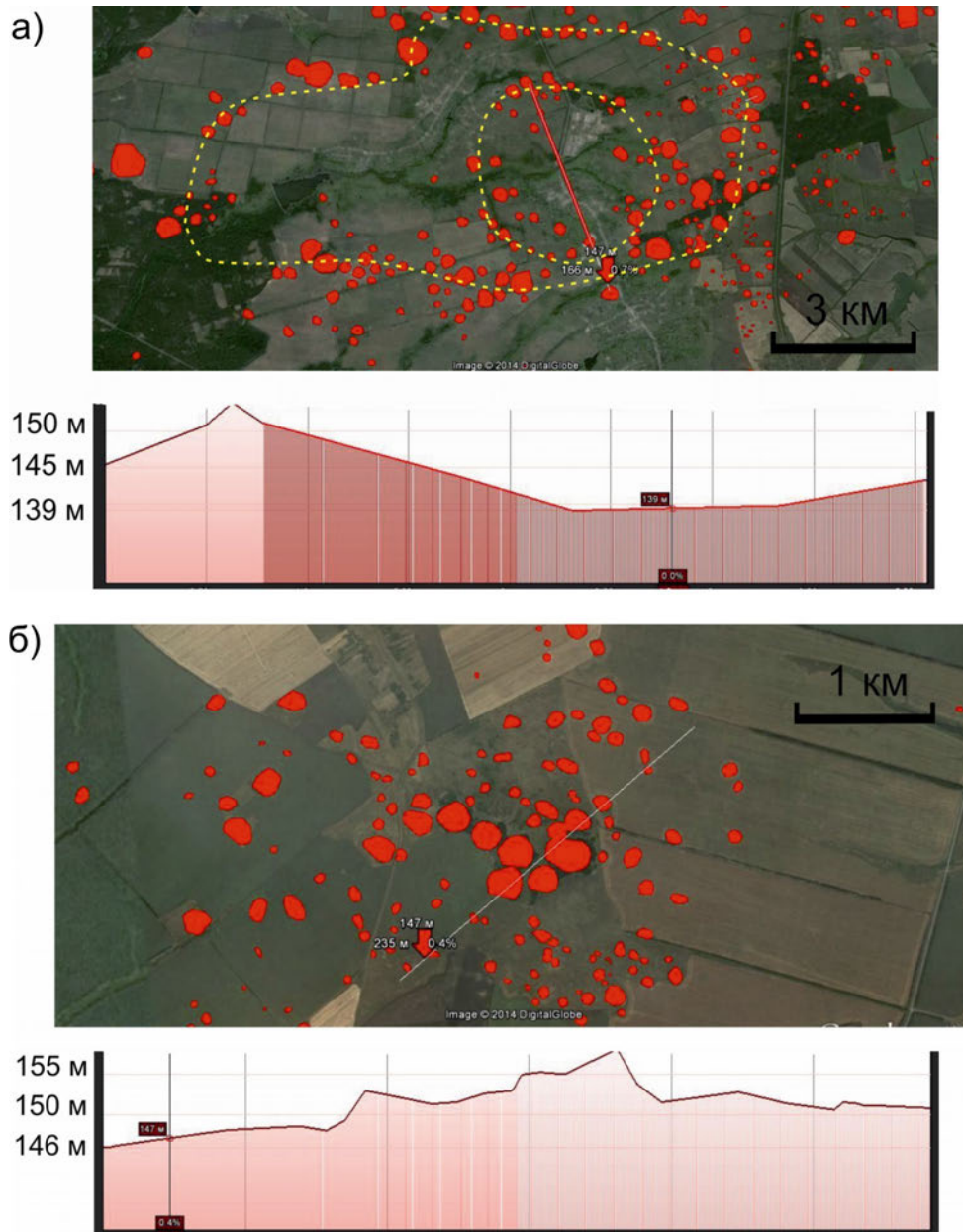


Рис. 6. а - Сошкинская впадина диаметром в 5 км вложена в более крупную Двуреченскую депрессию (Грязинский район Липецкой области); б - купольная морфоструктура в Чаплыгинском районе Липецкой области с размером поперечника более 3 км. Циркумменты в ее сводовой части более крупные, чем на склонах.

тов, а по мере снижения высоты они становятся мельче. Крупные депрессии окаймляются возвышенностями, гряды которых оказываются увенчанными циркумментами. (рис. 6). Ансамбли этого типа чаще всего являются составными элементами линейных систем, что можно видеть на примере Шукавкинского неотектонического поднятия (рис. 7).

Генезис циркумментов

О генезисе циркумментов можно судить на основании всех выше описанных обстоятельств: морфологии и особенностей их пространственного развития, анализа связей с морфоструктурами и положения относительно локальных и региональных геоморфологических и геологических структур. Решение этого вопроса представляет интерес, как с практической

точки зрения, так и с позиций развития естественных наук о Земле: географии, геологии, биологии, экологии. Что является неоспоримым в отношении циркумментов и что еще предстоит выяснить? Перечислим установленные факты в порядке снижения значимости доказательной базы: 1) связь с положительными формами рельефа; 2) зависимость размеров поперечника циркумментов от превышения водоразделов, на которых они распространены; 3) приуроченность к огибающим (структурным) речным меандрам; 4) формирование особого интразонального типа сильно выщелоченных почв; 5) связь с циркумментами положительных гидрогеохимических аномалий в подземных водах; 6) угнетающее воздействие на растительность; 7) связь с определенными литологическими типами пород; 8) повышенный радоновый поток с

определенным трендом дифференциации интенсивности по морфологическим элементам циркумmenta;

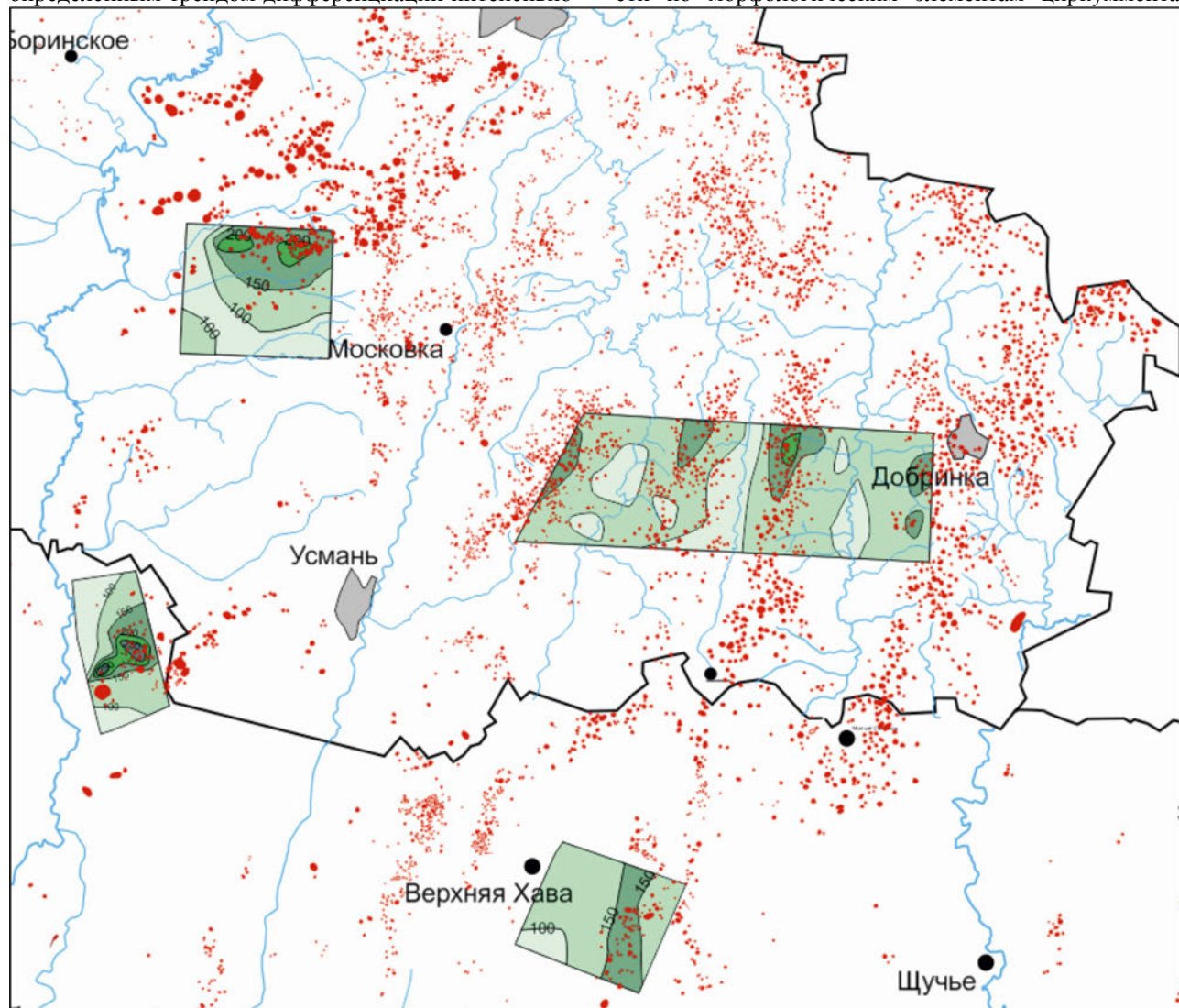


Рис. 7. Ансамбли циркумментов на площади Шуквалкинского неотектонического поднятия с наложением участков интерполяционных моделей плотности радонового потока.

9) связь с современными вертикальными движениями земной коры; 10) связь с разнопорядковыми геологическими структурами унаследованного характера развития.

Механизм формирования циркумментов, на наш взгляд, обусловлен просадочно-обвальными явлениями, связанными с выносом вещества, как в механической, так и растворимой форме. Именно поэтому они развиваются на водоразделах, сложенных либо рыхлыми отложениями с большой долей пылеватых частиц, либо карстующимися полускальными породами (мел, мергель, известняк). Нахождение карстовых форм изометричной формы вне водоразделов не исключается, но вероятность их развития на плоских водоразделах за счет нисходящих потоков вещества вместе с атмосферными осадками более высокая. Следовательно, основной механизм образования циркумментов обусловлен процессами суффозии или карста. Но в первом случае они за счет больших размеров обнаруживаются легче. Отсюда и впечатление, что циркумменты более характерны для Окско-

Донской низменности и мало распространены на Среднерусской и Калачской возвышенностях (в приповерхностной зоне последних доминируют полускальные карбонатные породы, у которых угол естественного откоса меньше, чем у песчаных рыхлых отложений).

Сила, которая выполняют работу по их созиданию, это горизонтальная составляющая силы тяжести, максимальное значение которой на гребне водораздела. Благодаря этому вектору здесь создаются условия для разуплотнения пород. Кроме того, инфильтрация атмосферных осадков – главный способ выноса вещества за пределы циркуммента на плоских водоразделах междуречий с ослабленным поверхностным стоком. Когда очаг циркуммента уже появился как отрицательная микроформа рельефа, начинают проявлять себя склоновые процессы, начинается стадия бокового развития.

Вполне уместен вопрос, а имеются ли сходные по морфологии с циркумментами иные генетические формы рельефа? Очевидно, это могут быть эоловые,

русловые, криогенные, техногенные формы, но у них должны быть свои отличительные признаки. В любом случае данное направление исследований заслуживает внимания как перспективное с любых позиций, в том числе и экологических. Здесь наиболее важной представляется проблема изучения связи циркумментов с радоном, а возможно и с другими сопутствующими газовыми выделениями (метан, водород, углекислота).

Проблемным остается вопрос относительно природы сильно кислой обстановки почвенных растворов внешней зоны циркумментов. Для днища, где грунты насыщены влагой с обилием органического вещества, такая обстановка является «стандартной». Условия же внешней зоны, возвышенной и сложенной относительно крупными песками, совсем иные. Это сухость, изреженность растительного покрова. Поэтому модель биогенного генератора кислой обстановки для этой зоны не подходит. Однако хвощи, как биоиндикаторы сильно кислых почв предпочитают занимать именно эту нишу, но к ней они приспособляются как к свободной, а не создают ее.

Можно предположить, что радон или его соединения способны формировать кислую среду. Он, хотя и относится к инертным газам, но, благодаря самому низкому потенциалу ионизации в своей группе, образует гексагидраты $Rn \cdot 6H_2O$, изоморфные с $H_2S \cdot 6H_2O$ и $SO_2 \cdot 6H_2O$. Возможно, подобно криптону и ксенону, радон также может давать соединения с кислородом, проявляющим кислотные свойства.

Выводы

1. Циркумменты являются особым типом просядочных микро- и мезоформ рельефа, развивающихся благодаря доминированию инфильтрационного стока на горизонтальных площадках водоразделов.
2. Благоприятными факторами для их образования, помимо рельефа, являются также литологические особенности субстрата: рыхлые мелкие и тонкие пылеватые песчано-алевритовые отложения, либо карстующиеся породы.
3. Циркумменты группируются в системы, связанные с развитием крупных форм рельефа (морфоструктур).

Воронежский государственный университет

Ильяш Д.В., аспирант кафедры экологической геологии
E-mail: vvikii@mail.ru
Тел.: 8 (919) 244 59 71

Ильяш В.В., доцент кафедры экологической геологии, кандидат геолого-минералогических наук
E-mail: vvirii@mail.ru
Тел.: 8(910)2495467

4. С циркумментами связано формирование особого интразонального типа сильно выщелоченных почв, отличающихся кислыми условиями среды, способствующими интенсивному перераспределению ряда химических элементов и выносу их в водоносные горизонты.

5. Заслуживает дальнейшего изучения проблема повышенного радонового потока в циркумментах и изучение возможного присутствия иных, сопутствующих ему газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мильков, Ф. Н. Природные зоны СССР / Ф. Н. Мильков. – М.: Мысль, 1977. – 296 с.
2. Федотов, В. И. Ландшафтные рекреационные ресурсы / В. И. Федотов, В. Н. Двуреченский, А. В. Бережной [и др.] // Долино-речные ландшафты Среднерусской лесостепи. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1997. – С. 18–238.
3. Востриков, Н. Г. Основные факторы проявления просядочных процессов на территории Прикубанской равнины / Н. Г. Востриков // Географические исследования Краснодарского края. – Вып. 6. – Краснодар, КубГУ, 2011. – 115 с.
4. Ларин, В. Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). – М.: «Агар», 2005. – 248 с.
5. Larin, V. N., ed. C. Warren Hunt., Hydridic Earth: the New Geology of Our Primordially Hydrogen-Rich Planet // Polar Publishing, Calgary, Alberta, Canada, 1993. – 256 p.
6. Ильяш, Д. В. Влияние геолого-структурного фактора на качество карбонатного сырья (на примере Ситовского месторождения флюсовых известняков Липецкой области) / Д. В. Ильяш // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2011. – № 1. – С.145–154.
7. Косинова, И. И. Литологический фактор, как одна из причин неравномерности развития циркумментов на территории Воронежской антеклизы / И. И. Косинова, В. В. Ильяш, Д. В. Ильяш // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2013. – № 1. – С. 214–218.
8. Бобров, А. А. Исследование объемной активности радона в разломных зонах Приольхонья и южного Приангарья: методика и предварительные результаты / А. А. Бобров // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. – Вып. 6 (32). – С. 124–129.

Voronezh state university

Ilyash D.V., post-graduate student of Ecological Geology Department
E-mail: vvikii@mail.ru
Tel.: 8 (919) 244 59 71

Ilyash V.V., Associate professor of the Ecological Geology Department, Candidate of Geology-mineralogical science
E-mail: vvirii@mail.ru
Tel.: 89102495467