

ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНОГО ФАКТОРА НА КАЧЕСТВО КАРБОНАТНОГО СЫРЬЯ (НА ПРИМЕРЕ СИТОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФЛЮСОВЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ)

Д. В. Ильяш

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 16 февраля 2011 г.

Аннотация. К химическому составу и физико-механическим свойствам карбонатных пород, используемых в металлургическом производстве, предъявляют достаточные жесткие требования, одновременно заботясь о максимальном сокращении объемов вскрышных работ. Однако приповерхностные части разреза карбонатных толщ крупнейшего Ситовского месторождения характеризуются существенно худшим качеством за счет процессов выветривания и карстообразования. Значителен в этом негативном явлении и не учитываемый ранее вклад структурно-тектонического фактора: положение объекта в пределах активного структурно-тектонического узла. Именно это обстоятельство обусловило высокую трещиноватость пород продуктивной толщи, связанную с вновь выявленной сетью тектонических нарушений. Последние хорошо выражены в современном рельефе и контролируют процессы гипергенных преобразований известняков. Выявление их сети позволяет прогнозировать положение зон карстообразования, качество флюсовых известняков, корректируя направление добычных работ.

Ключевые слова: известняк, полезная толщина, системы трещин, палеорельеф, дезинтеграция, разломы.

Abstract. To chemical composition and mechanical properties of calcareous rocks, which are used in metallurgical manufacture, exacting requirements are presents and care about cutting of stripping volume. However, near-surface parts of calcareous thickness rock section of largest Sitovsky deposit is characterized by significantly poorly value due to rock decay and karst occurrence. Is significant in this negative event and without consideration before contribution of structurally-tectonic factor: object emplacement within active structurally-tectonic point. For this reason are high fracturing of useful thickness rocks, was related with tectonic disturbances system. They well-marked in present relief and are controlled hypergenesis processes in limestones. Revealing of their system be allow to predict karst occurrence arias emplacement, flux limestones value, to correcting of direction of winning operations.

Key words: limestone, useful thickness, system of crack, ancient relief, decomposition, aeration bark

Введение

Студеновская горнодобывающая компания, разрабатывающая Ситовское месторождение верхнедевонских флюсовых известняков, обеспечивает нужды крупнейшего в РФ металлургического комбината НЛМК. Опережающая эксплуатационная разведка на участке северного фланга (2007–2010 гг.) показала ухудшение качества сырья по сравнению с уже отработанным южным флангом. Целью автора явилось объяснить причину этого, обосновав бесперспективность развития карьера на север в сторону Воскресеновского лога. Таковой причиной являются особенности геолого-структурной позиции месторождения. Подчеркивается особая роль структурного фактора, делается попытка показать как взаимообуслов-

ленные причинно-следственными связями разные по своей природе процессы и явления влияют на промышленную ценность карбонатных пород

1. Оценочные параметры и характер границ полезной толщи

Известно, что понятие рудного тела (полезного ископаемого) геолого-экономическое и его контуры не всегда совпадают с геологическими границами. Это отражается и в терминах. Например, для осадочных месторождений существуют понятия продуктивной и полезной толщ. Та и другая представляют определенную часть стратиграфической свиты, а между собой отличаются степенью приближения к промышленным условиям на различных стадиях геологоразведочного процесса, что находит отражение в понятиях категорий ресурсов и запасов. По мере возрастания

детальности изучения геологического объекта, претендующего на статус месторождения, увеличивается и число оценочных параметров. Критериями «полезности» для карбонатных пород являются определенные соотношения химических компонентов, которые в зависимости от целевого назначения могут дополняться и некоторыми физико-механическими свойствами. Продуктивная толща может быть выделена уже на поисковой стадии. Далее идет оценка ее перспективности и сужение границ до «полезной» толщи, в пределах которой сырье отвечает промышленным требованиям на основе ряда показателей (кондиций). Определяется такой важный оценочный показатель как отношение мощности перекрывающих пород к мощности полезной толщи (коэффициент внешней вскрыши). Однако контур полезной толщи даже на этапе детальной разведки все равно остается приближенным, так как объединяет породы, не обязательно отвечающим кондициям по всему объему. Внутри его имеются неоднородности, обусловленные или «первичными» особенностями седиментогенеза (наличием прослоев мергелей или глин), или наложением «вторичных» постседиментационных процессов, меняющих соотношение основных химических компонентов (СаО и MgO) в силу различий их по растворимости.

Для обозначения вторичных процессов, изменяющих исходные свойства полезных ископаемых, давно используется обобщающий термин «эпигенез». Однако еще в 1940 г. Л.В. Пустовалов применил его для обособления стадии поздних диагенетических преобразований. Против такого узкого литологического толкования термина «эпигенез» возражали в свое время такие видные отечественные литологи как Н.М. Страхов и Н.В. Логвиненко [1], но и сегодня этот термин воспринимается не однозначно.

При оценке качества известняка и внутренней неоднородности полезной толщи на стадии детальной разведки требуется дальнейшее расчленение полезной толщи. При этом дополнительно возникают такие понятия как «внутренняя вскрыша» и «пустые прослои». И то и другое обозначает некондиционные породы, но в первом случае имеется возможность их селективной отработки и удаления в отвал, а во втором случае сделать это не позволяет малая мощность таких прослоев. Все эти терминологические нюансы имеют вполне практическое значение, так как, в конечном счете, определяют цифры запасов. Интервалы некондиции, отвечающие критериям «внутренней вскры-

ши» не включаются в запасы, а «пустые прослои» включаются, что приводит к разубоживанию полезного ископаемого, т.е. снижению его качества.

Нижняя граница не очень дефицитных видов полезных ископаемых, обычно определяется положением уровня подземных вод. На Ситовском месторождении это уровень задонско-елецкого горизонта, являющегося источником централизованного водоснабжения. Нижняя граница полезной толщи здесь проводится на два метра выше этого уровня из необходимости оставления «охранного целика». Но не только по мощности, но и в плане полезная толща имеет экологические ограничения – водоохранную зону шириной в 800 м, отделяющую горный отвод от Ситовского водозабора, расположенного к востоку от карьера.

Границы полезной толщи могут быть еще и социальными. Например, северная часть разведанной площади месторождения оказалась отторгнутой застройками в девяностые годы правового нигилизма. Таким образом, контур полезной толщи, оговаривается целым рядом условий как природного геологического, так и социально-экономического характера. Этот терминологический экскурс геологоразведочного профиля проводится лишь для того, чтобы подчеркнуть сложность определения границ тела полезного ископаемого, даже для осадочных месторождений первой категории и необходимость учета геолого-структурного фактора.

Известняки на Ситовском месторождении разрабатываются в основном для металлургического производства на Новолипецком металлургическом комбинате (НЛМК) и частично для производства строительного щебня. Верхнедевонские карбонатные породы, имея горизонтальное или субгоризонтальное залегание, распространены в Липецкой области достаточно широко, но промышленную ценность имеют лишь в местах, где максимально приближены к дневной поверхности. Мощность перекрывающих пород зависит как от рельефа дневной поверхности, так и погребенного рельефа кровли карбонатной толщи (палеорельефа). Гипсометрическое положение кровли известняков весьма невыдержанное, и виной тому гипергенный эпигенез, который известняки претерпели до перекрытия их железорудным горизонтом в юрское время. За период длительного континентального перерыва от верхнего девона до средней юры карбонатная толща была частично эродирована, но и ее остатки подверглись воздействию экзогенных процессов, изменивших

некоторые промышленные параметры особенно интенсивно и на большую глубину в зонах влияния тектонических нарушений. Известняк здесь дезинтегрирован и преобразован в смесь щебня и мучнисто-древяного рыхлого материала, в которой по сравнению с исходным субстратом заметно возрастает доля «вредных» компонентов – полуторных окислов, составляющих сумму так называемого «нерастворимого остатка», главного лимитирующего показателя кондиционности известняка.

Однако, даже получив «крышу» из перекрывающих пород мощностью 15–30 м, известняки продолжали испытывать прессинг гипергенных агентов через циркуляцию метеорных и подземных вод, что приводило к таким негативным явлениям как образование в карбонатной толще карстовых и суффозионных полостей, к нарушению соотношения породообразующих компонентов за счет избирательного выщелачивания. В итоге, доля ценного кальциевого компонента уменьшалась, и известняки участками теряли кондицию.

Факторы гипергенного эпигенеза известняков можно разделить на внутренние и внешние. К первым относятся химические и физико-механические свойства самих пород, их текстурные особенности. Ко вторым – климатические и тектонические условия. Их взаимодействие определяет морфологию известняковой толщи как геологического тела, заложение структурных линий и систем трещиноватости, как направлений, по которым гипергенный эпигенез проявлен максимально. Хотя границы полезной толщи определены отчасти по некоторым «договорным» (социально-экономическим) критериям, но все же в первую очередь они отражают геологическую составляющую, складывающуюся из множества природных процессов, которые на протяжении сотен миллионов лет «трудились» над ее обликом.

2. Геолого-структурная позиция Ситовского месторождения

В геолого-структурном отношении данная территория является частью долгоживущего и ныне активного тектонического узла. Ситовское месторождение приурочено к юго-восточному склону Трубетчинской структурной террасы на сопряжении двух региональных неотектонических структур (Среднерусской антеклизы и Окско-Донской впадины), имеющих разнонаправленные знаки вертикальной составляющей современных тектонических движений. Эти структуры имеют

прямое отражение в рельефе, соответственно им выделяются и морфоструктуры первого порядка (одноименные возвышенности и низменности). Приуроченность к границе антиподных региональных структур определяет относительно активный характер геодинамических процессов на данной территории. Их развитие на протяжении всей геологической истории носило унаследованный характер, о чем можно судить из работ Г. И. Раскатова, А. И. Трегуба, А. Д. Савко и др. [2–6]. Особенности геологического строения Ситовского месторождения и участка детальной разведки как части этой территории вполне подтверждают данный тезис.

Главной структурной границей района является Рязско-Липецкий фрагмент сочленения Среднерусского и Окско-Донского мегаблоков [2]. Граница между ними проходит около 30–40 км западнее Ситовского месторождения между Липецком и Ельцом параллельно долине р. Воронеж. Река протекает в осевой зоне Кривоборского неотектонического прогиба, располагаясь структурно уже в пределах Окско-Донской впадины между Трубетчинской структурной террасой на западе и Шукавкинским поднятием на востоке. В данном районе именно девонские карбонатные породы, обладая повышенной противоденудационной устойчивостью и хорошо развитой трещиноватостью, формируют главные черты рисунка линиментов.

Площадь месторождения охватывает приклонную часть правобережья долины р. Воронеж. Рельеф ее выровненный, полого снижающийся к реке и в сторону Воскресеновского и Введенского логов. Современная эрозионная сеть контролируется зонами трещиноватости в массиве девонских известняков, которые имеют северо-западную (280–300°), северо-восточную (30–50°) и субширотную (80–90°) ориентировку. Сочетание этих трех направлений обуславливает резкие, коленообразные изгибы долины реки Воронеж (район с. Введенка) и водотоков более мелкого порядка (верховье р. Кузьминка, Орлиного лога). В рисунке гидросети просматривается локальное неотектоническое поднятие, которое по названию оконтуривающих его речек названо автором Кузьминско-Липовским. Именно с этим поднятием, по мнению автора, и связаны относительно малые мощности, перекрывающих пород как на Ситовском, так и на соседнем Сокольском месторождениях (последнее разрабатывает Липецкий цементный завод), которые расположены в южной части этой структуры (рис.1).

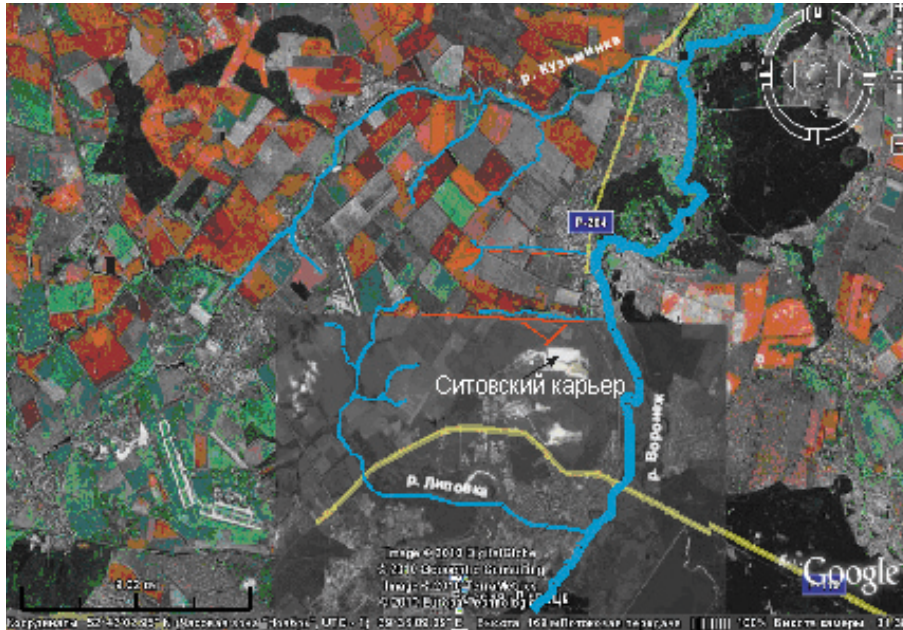


Рис. 1. Отражение в рисунке гидросети основных структурных линий Кузьминско-Липовского поднятия

Структурные линии северо-восточного простирания хорошо отражаются в ориентировке правых притоков р. Кузьминка, а субширотные линии ассоциируются с глубокими врезами трех логов-балок Дубровинского, Воскресеновского и Введенского непосредственно на площади Ситовского месторождения. Как показал анализ материалов разведочных работ, разрывное нарушение, с которым связано заложение Воскресеновского лога (ближайший к участку разведки) вместе с оперяющими его зонами трещиноватости северо-восточной и северо-западной ориентировки является главным виновником снижения качества известняка, с которым сталкивается горнодобывающая компания «СТАГДОК» по мере продвижения фронта добычных работ на север (рис. 2).

3. Картографические модели структуры участка опережающей разведки

Современный рельеф и палеорельеф

Системы трещин в известняках непосредственно наблюдаются в карьерах, но их влияние сказывается и на литологии вскрышной толщи и в деталях рельефа дневной поверхности, а именно в заложении ложбин стока, которые проецируются на депрессии в палеорельефе (рис. 3; 4). Это дает возможность использовать современный рельеф для корректировки наблюдательной сети опережающей разведки при обработке месторождения.

Качество полезной толщи в параметрах ее мощности и сортности напрямую связано с палеорельефом кровли карбонатной толщи (рис. 4; 5),

основные черты которого были сформированы до образования железорудного горизонта, бронирующего кровлю верхнедевонских известняков.

Известняки в течение длительного периода континентального перерыва от позднего девона до средней юры подвергались воздействию разнообразных деструктивных гипергенных процессов: выветриванию, эрозии, карсту. Переотложение их продуктов происходило у подножий формировавшихся гряд эрозионных останцов. При сравнении рис. 4 и рис. 5 можно видеть, что лучшие сорта известняка в большей степени связаны с положительными формами, а худшие и не кондиционные – с отрицательными формами рельефа. В центральной части разведочного участка выделяется узкая и глубокая депрессионная зона северо-восточной ориентировки, заполненная некондиционным детритом известняка (скважина 658 не вышла из него). В ее пределах оказались лучшие условия для инфильтрации метеорных вод и циркуляции подземных вод. Здесь, соответственно, более интенсивно развивались процессы выщелачивания и карстообразования. В то же время здесь накапливался и сносимый со склонов прилегающих возвышенностей дезинтегрированный материал выветривающихся известняков.

Шлейф делювиально-пролювиальных отложений подножий возвышенностей сливается с рыхлыми карстовыми продуктами депрессионных структур, осевые линии которых в западной части участка хорошо отбиваются скважинами некондиционных разрезов верхнего эксплуатаци-



Рис. 2. Положение структурных линий на геологической карте Ситовского месторождения

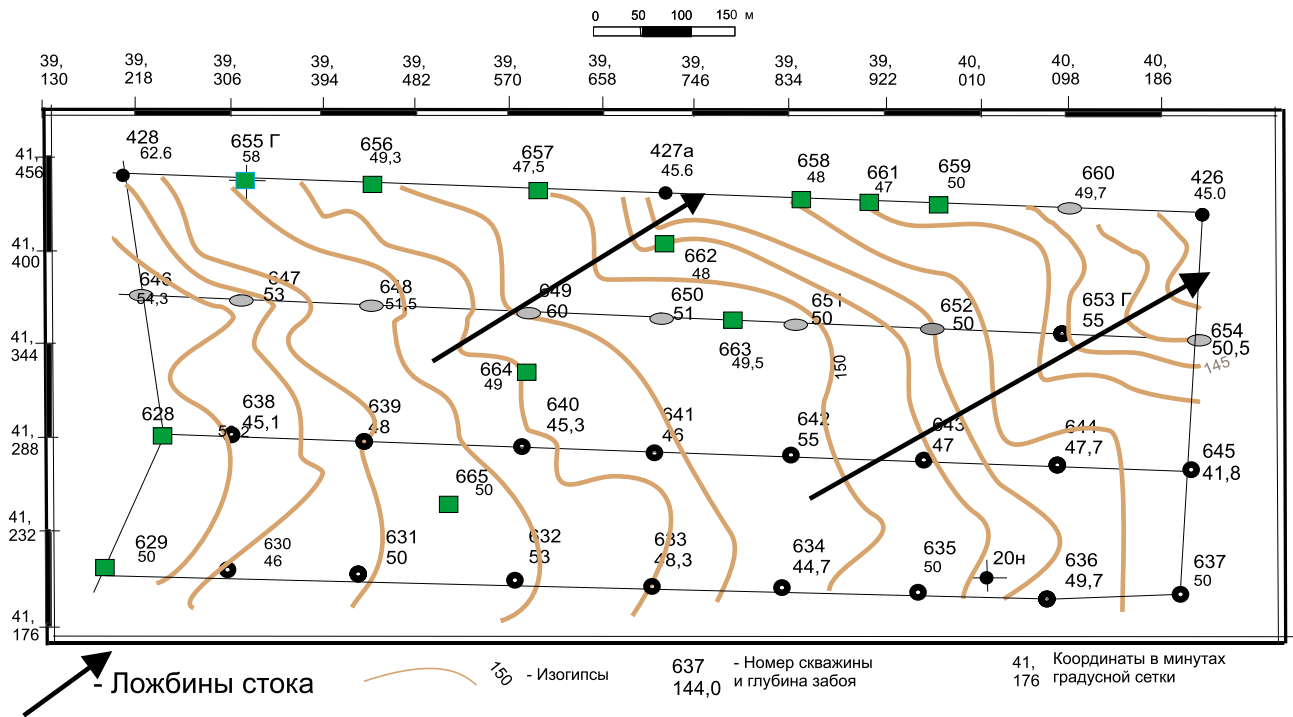
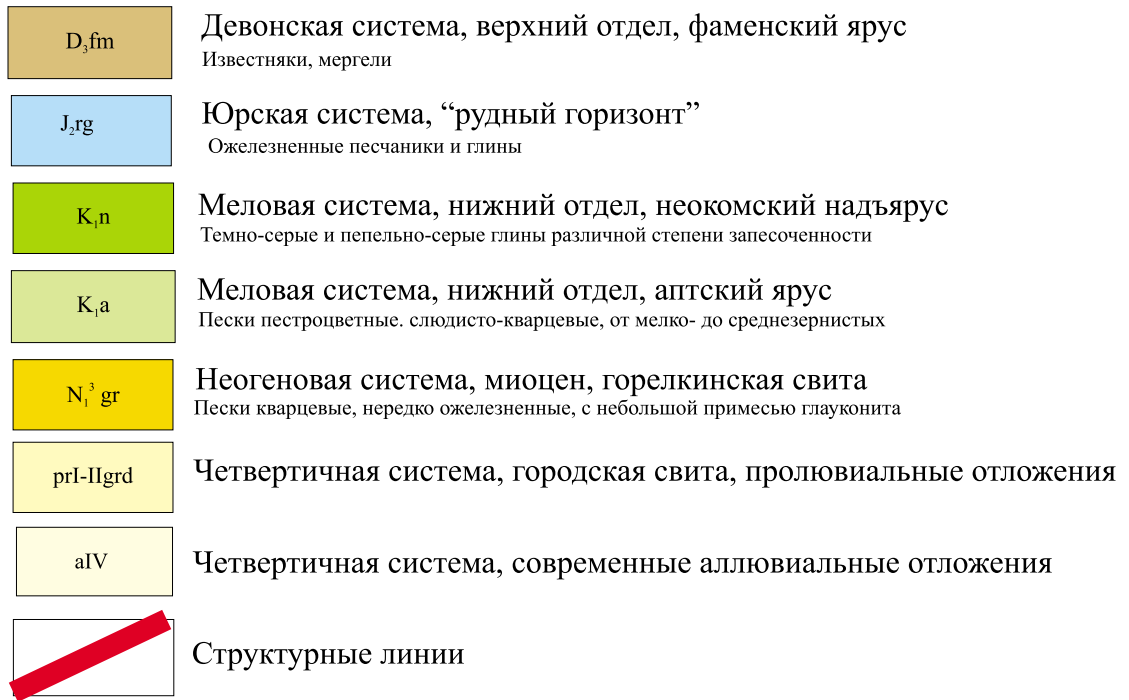


Рис. 3. Карта современного рельефа участка опережающей разведки (2007–2009 гг.) на Ситовском месторождении. Показана сеть разведочных скважин и стрелками тальвеги ложбин стока, расположенные над зонами трещин в известняках северо-восточной ориентировки

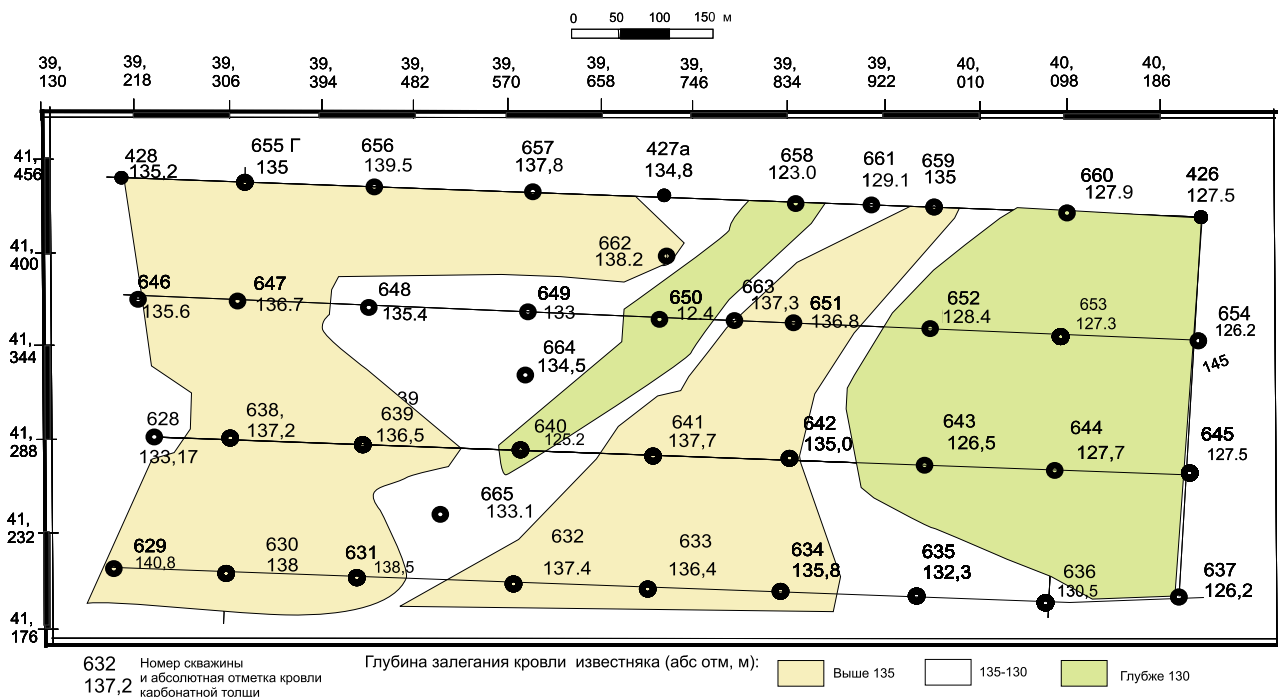


Рис. 4. Карта палеорельефа кровли карбонатной толщи на участке разведки

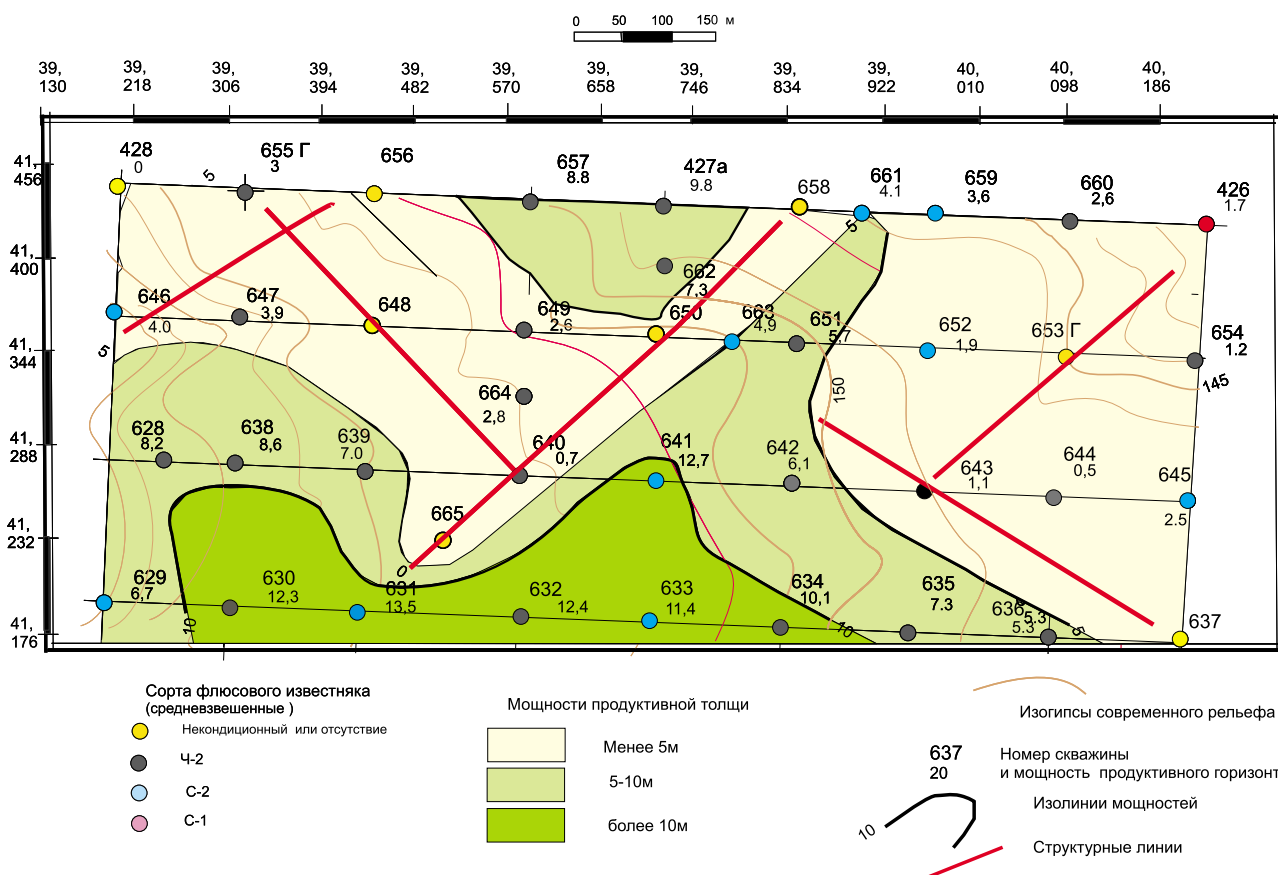


Рис. 5. Карта мощности и сортности известняка верхнего горизонта (+125 м полезной толщи) на участке разведки

онного горизонта (рис. 5). С депрессией на востоке пространственно совпадает древняя терраса р. Воронеж. Наибольшей мощности полезная толща достигает на юге разведочного участка, в пределах наиболее возвышенной части палеорельефа, клинообразно уменьшающейся на север по мере приближения к разлому Воскресеновского Лога. Расчлененность палеорельефа на участке последовательно усиливается с юго-запада на северо-восток, т.е. от карьера в сторону Воскресеновского Лога. Это можно видеть из сравнения средних отклонений абсолютных отметок (в мет-

рах) пересечения скважинами кровли известняков по разведочным профилям:

Профили (с юга на север): I II III IV

Стандартное отклонение 5,5 6,44 7,62 11,71

Литологическая неоднородность полезной толщи

Структурный рисунок полезной толщи на участке разведки хорошо просматривается на карте дезинтеграции, построенной автором на основе градации карбонатной толщи по мощности литологических разностей с разным соотношением цельного и дезинтегрированного известняка по каждой скважине (рис. 6).

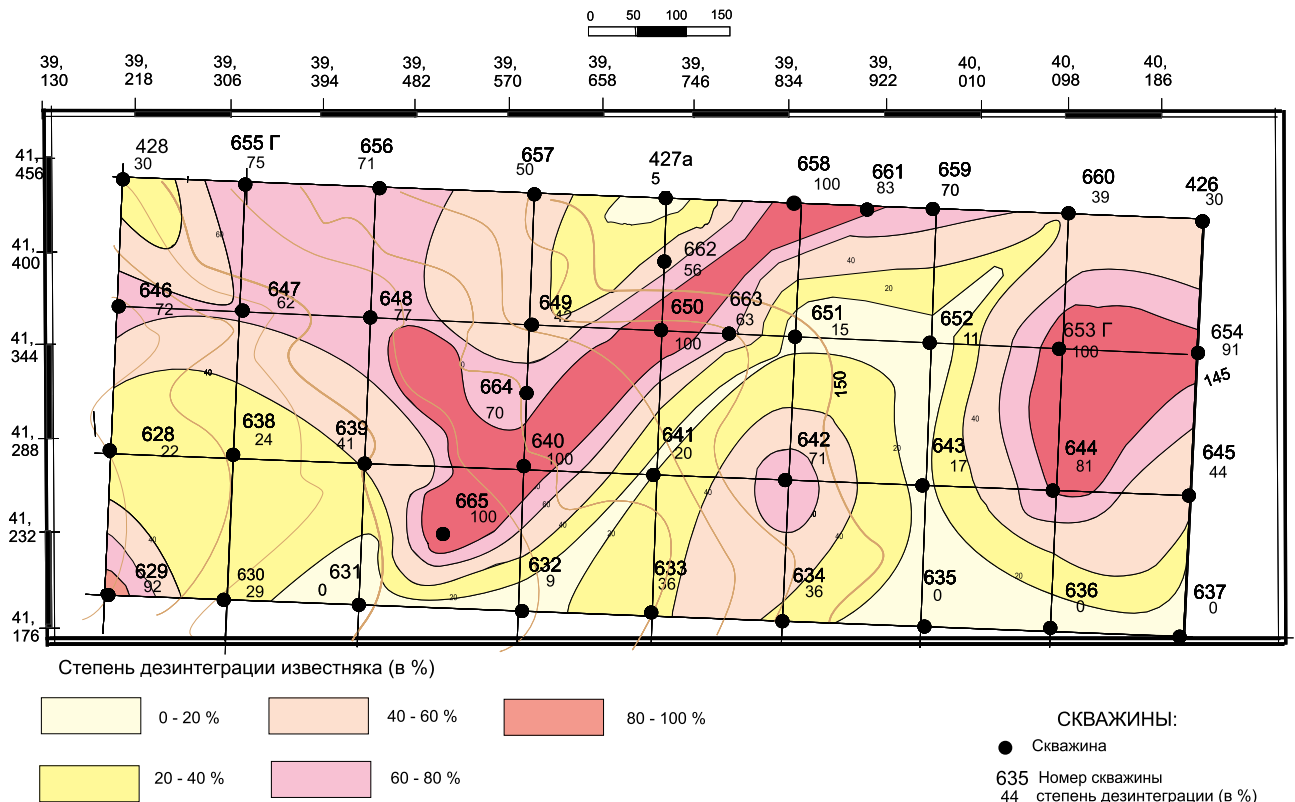


Рис. 6. Карта дезинтеграции карбонатной толщи Ситовского участка

При сравнении рис. 4 и 6 можно легко увидеть соподчиненность распределения зон разной степени дезинтеграции и элементов палеорельефа, превалирование разрушенного известняка на участках понижений, особенно в центральной части сопряжения линейных зон северо-восточной и северо-западной ориентировки.

Особенности распределения литологических разностей отложений в перекрывающей толще

Системы трещин в известняках оказывали косвенное влияние на фациальные условия накопления осадков и в перекрывающей песчано-глинистой толще, сложенной отложениями с возрастом от средней юры до антропогена, что можно

видеть на карте соотношения интегрированных мощностей глинистых и песчаных отложений (рис. 7). На ней выявилось закономерное полосовое чередование линейных зон северо-восточной ориентировки. Зоны с доминированием песчаных отложений связаны с понижениями, как в современном, так и погребенном рельефе, в то время как преимущественно глинистые отложения тяготеют к повышенным участкам. Такое распределение является следствием более активной гидродинамики в пределах фациальных зон накопления «песчаных» полос, контролируемых зонами трещиноватости в подстилающих известняках и понижениями в рельефе.

Карта соотношения мощностей песчаных и глинистых пород вскрышной толщи

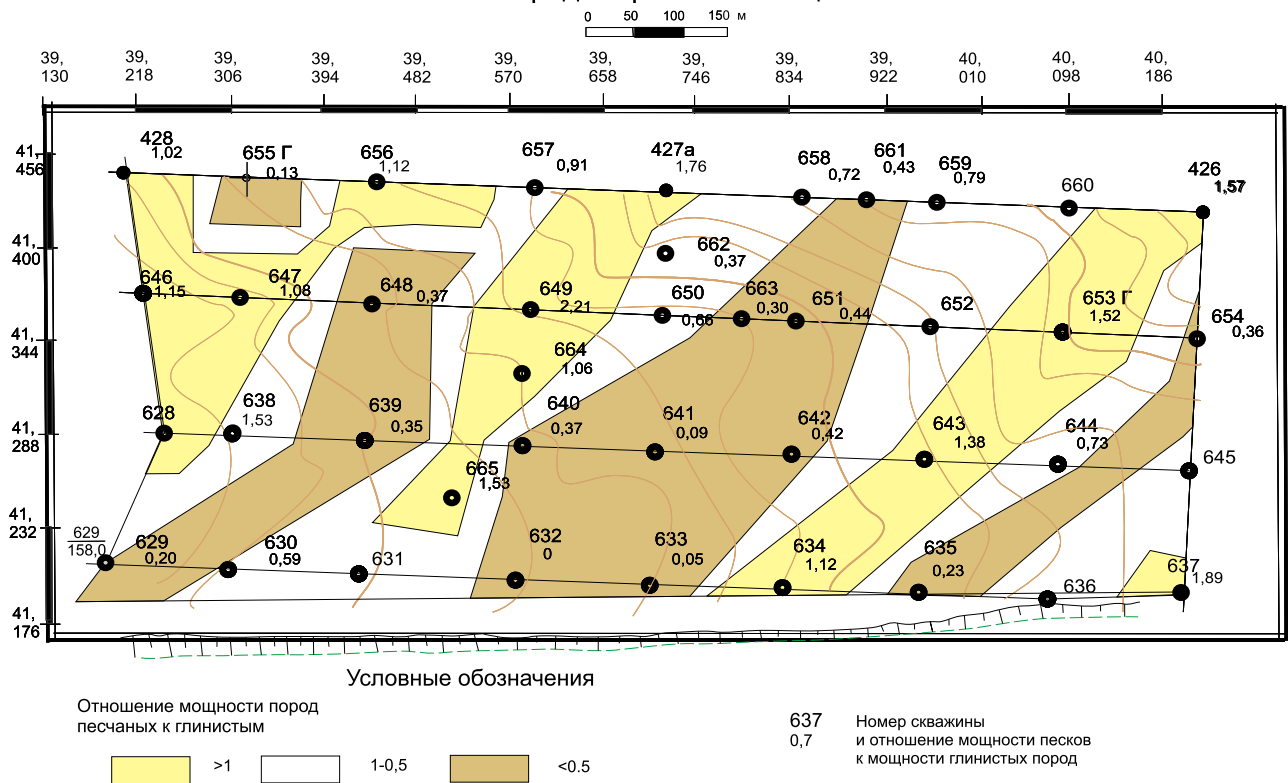


Рис. 7. Соотношение интегральных мощностей песчаных и глинистых отложений во вскрышной толще

На нижнем эксплуатационном горизонте влияние палеорельефа на качество полезной толщи выражено менее заметно, чем на верхнем горизонте, так как интенсивность гипергенного эпигенеза с глубиной постепенно затухает. Тем не менее, и здесь вышеописанные разрывные нарушения проявляют себя по приуроченности к ним карстовых полостей и карстовых отложений.

Так как с глубиной площадь развития некондиционных известняков сокращается, можно говорить, что именно поверхностные процессы, усиленные влиянием трещиноватости, определяют в первую очередь промышленную ценность сырья. Об этом можно судить, например, и на основании статистической обработки данных по распределению в разрезе известняков с разной объемной плотностью, которая в целом увеличивается с глубиной (табл. 1), что можно интерпретировать как следствие уменьшения приповерхностного разуплотнения.

Проанализированные материалы не оставляют сомнений в действенности наложенных процессов по изменению свойств известняка. Они проявлены не только в деструкции породы и перераспределении петрохимических компонентов, но и местами в заметной перекристаллизации и

окремнении известняка. Надо заметить, что природа этих процессов нуждается в изучении, они могут быть не только гипергенными. Разлом северо-восточного простирания, пересекающий участок разведки в его центральной части, фактически был обнаружен ранее, еще в 2001, при бурении скважин № 16 и 17 (см. рис. 2). Тогда в ожелезненных неогеновых отложениях, вскрытых этими скважинами, была обнаружена интересная своей формой и составом минерализация, интерпретированная как интерметаллиды [2]. Этот разлом ныне вскрыт в северо-западном углу карьера, где трассируется обширной зоной деструкции известняка, интенсивным ожелезнением и обводнением, единственно проявленным лишь в этой части карьера.

Выводы

Гипергенные процессы в целом приводят к снижению промышленной ценности карбонатных пород [7, 8], что наблюдается и для верхнедевонских известняков в Липецкой области. Однако их интенсивность проявлена неравномерно, и причиной этому является геолого-структурный фактор. Главный из них - это наличие систем трещиноватости, в том числе, связанных и с долгоживущи-

Распределение значений объемной плотности известняка (т/м³) по глубине залегания

Скважины	Интервалы глубины, м								
	10–15	15–20	20–25	25–30	30–35	35–40	40–45	45–50	50–60
660		2,05	2,35	2,633	2,533	2,406	2,371		
660			2,548	2,405	2,538	2,679	2,4	2,867	
660				2,286	2,545		2,607	2,5	
654		2,406	2,364	2,267	2,318			2,35	
654			2,394		2,298				
651	2,281			2,314	2,3	2,263	2,444	2,405	
651	2,4								
650	2,167		2,633	2,292			2,4	2,553	2,657
650	2,05								
649	2,282		2,267		2,386	2,265	2,469		2,455
649							2,486		2,474
649									2,567
648				2,321	2,462	2,375	2,5	2,393	
648							2,5		
647		2,33	2,231	2,429		2,229		2,2	
647			2,171		2,214			2,306	
646			2,37		2,405	2,429		2,385	2,4
646					2,167				2,467
646					2,405				
Среднее	2,236	2,262	2,37	2,368	2,381	2,378	2,464	2,44	2,503

ми тектоническими разломами. Это показано на примере участка опережающей разведки на Ситовском месторождении, близость которого к широтному разлому (Воскресеновский лог) вызвала резкое снижение качества сырья по сравнению с отработанным южным флангом. Разломы и подвижки по ним на протяжении многих геологических эпох контролировали процессы формирования рельефа, а через него и литогенеза и гипергенеза. По ним были заложены юрские депрессии эрозивно-карстового происхождения. Ныне они картируются «клиньями» келовейских отложений в верхнедевонских толщах и известняковым детритом в их основании. Наиболее качественный известняк сохранился на возвышенных грядах палеорельефа на удалении от крупных разломов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геологический словарь: в 2-х т. – 2-е изд., испр. – М.: Недра, 1978. – 972 с.
2. Раскатов Г. И. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы. / Г. И. Раскатов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1969. – 163 с.
3. Савко А. Д. О проблеме промежуточных коллекторов в Южно-Русской алмазонасной субпровинции / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырев, В. В. Ильяш // Труды НИИ Геологии. – Воронеж: Воронежский госуниверситет, 2007. – Вып. 47. – 122 с.
4. Трегуб А. И. Разрывные нарушения в фундаменте и осадочном чехле территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ) / А. И. Трегуб // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер.: Геол. – 2000. – Вып. (5) 10. – С. 7–15.
5. Трегуб А. И. Неотектоника Воронежского кристаллического массива / А. И. Трегуб // Тр. НИИ Геологии Воронежского государственного университета. – Воронеж, 2002. – Вып. 9. – 220 с.
6. Преображенская В. Н. Стратиграфия отложений юры и низов нижнего мела территории ЦЧО / В. Н. Преображенская. – Воронеж, 1966. – 282 с.
7. Соколов Д. С. Основные условия развития карста / Д. С. Соколов. – М., 1962.
8. Гвоздецкий Н. А. Карст / Н. А. Гвоздецкий. – М., 1981. – 214 с.

Воронежский государственный университет
 Д. В. Ильяш, аспирант кафедры экологической геологии
 vvikii@mail.ru
 Тел. 8-919-244-59-71

Voronezh State University
 D. V. Ilyash, post-graduate student of ecological geology
 vvikii@mail.ru
 Тел. 8-919-244-59-71