ГЕОЛОШКИ ЗАВОД УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
INSTITUT GÉOLOGIQUE DE L'UNIVERSITÉ A BELGRADE

ГЕОЛОШКИ АНАЛИ
БАЛКАНСКОГА ПОЛУОСТРВА

Година оснивања 1888.

КЊИГА LXII

Уредник
МИЛАН СУДАР

ANNALES GÉOLOGIQUES
DE LA PÉNINSULE BALKANIQUE

Fondée en 1888.

TOME LXII

Rédacteur
MILAN SUDAR

БЕОГРАД 1998. BELGRADE

Геол. ан. Балк. полуос. Ann. Géol. Penins. Balk.	62	75–101	Београд, децембар 1998 Belgrade, Decembre 1998

УДК 551.248.2:550.3(497.113)

Оригинални научни рад

НЕОТЕКТОНСКА АКТИВНОСТ СТРУКТУРЕ ТУРИЈА (ПАНОНСКИ БАСЕН, ВОЈВОДИНА)

од

Слободана Бојковића*

Када постоји велики број бушотина на малом простору, издвајањем карактеристичних репера на каротажним дијаграмима и анализирањем њима дефинисаних структурних хоризоната, могуће је не само квалитативно, већ и квантитативно праћење тектонске активности. Најбољи резултати се постижу интеграцијом каротажних и сеизмичких података, уз коришћење сеизмичких података за подручја где нису избушене бушотине. На примеру нафтне структуре "Турија" разматра се описани начин рада. Интерполација бушотинских података и конструкција карата стратоизохипси реперних хоризоната и карата њихових разлика обављена је применом комерцијалног програма "Сурфер–6". Затим су анализирани и интерпретирани резултати.

Кључне речи: геофизичка каротажна мерења (ГКМ), каротажни репери, неотектоника, структурни хоризонти, разломне структуре, сеизмика, Турија, Панонски басен, Војводина.

УВОД

За истраживање угљоводоника веома је битно проучавање настанка и еволуције структура седиментног басена, па самим тим и дефинисање најмлађих тектонских покрета ради праћења утицаја, позитивних или негативних, на формирање лежишта и миграцију угљоводоника. Основу за праћење неотектонике у простору дају сеизмички подаци који су, међутим, ограничене резолуције и, због комплексних утицаја на таласни одзив формације, често вишезначни. Поузданост интерпретације углавном зависи од примењеног закона брзина и тачности претпостављеног геолошког модела. Зато је неопходна калибрација сеизмике и сеизмограма ради што боље конверзије време–дубина. При томе, потребне информације за прецизније калибрације, корелације са бушотинским подацима и боље геолошко моделирање, добијају се у бушотинама геофизичким каротажним мерењима и вертикалним сеизмичким профилирањем.

Уколико постоји велики број бушотина на малом простору, могуће је квалитативно и квантитативно праћење неотектонске активности и на бази каротажних података. Тада се издвајају карактеристични каротажни репери и анализирају њима дефинисани структурни хоризонти. Појава нових чланова у литолошком стубу бушотина, уз веће повећање дебљине седимената, углавном означава тоњење, а

* "НИС–НАФТАГАС", О.Д. "Рударски радови", Народног фронта 12, 21 000 Нови Сад.

веће смањење дебљине, релативно издизање структуре. Најбољи резултати се постижу интеграцијом каротажних и сеизмичких података, уз коришћење сеизмичких података за подручја где нису избушене бушотине. На примеру нафтног поља "Турија" разматра се описани начин рада.

ПРЕГЛЕД ГЕОЛОШКЕ ГРАЂЕ

Структура "Турија" припада северном делу Јужнобачке депресије. Прецизније, налази се у зони трансбанатско–бачког разлома (Маровић и др., 1996), тј. зони дубинског разлома Даљ–Хетин (Вукашиновић, 1994).

О структури "Турија" и радовима на нафтном пољу писано је у више појединачних извештаја о петролошким, палеонтолошким, геохемијским и другим испитивањима и мерењима са бушотина (Naftagas, 1988–1998), чија синтеза је дата у елаборату (Курбалија и др., 1994а), а и у објављеним радовима (Dimić, 1991; Вучић и др., 1994; Курбалија и др., 1994b; Modić, 1994; Кнежевић и Модић, 1996; Павловић и др., 1996).

Према Kemenci (1993) колектор стене главног лежишта структуре "Турија" чине декаметарски и метарски блокови шкриљаца, затим дециметарски фрагменти шкриљаца и класти шкриљаца величине зрна песка, који местимично заједно са карбонатно–глиновитим или серицитским везивом чине матрикс крупнокластичним наслагама. И према Kronja (1989–1992), у лежишту преовлађују одломци мусковит–хлорит–албит–кварц–гранатских шкриљаца. Ређи су фрагменти мусковит––хлорит–биотит–албит–кварц–гранатских, актинолит–епидот–гранатских и биотит–актинолит–хлорит–албитских шкриљаца.

Малобројне минералошке анализе Ртг дифракцијом матрикса бреча и конгломбреча Жумберковић В. (Курбалија и др., 1994а и 1994b) указују да матрикс, поред псамитских класта, садржи карбонате и минерале глина. Обзиром на мали проценат матрикса и одсуство фосилног материјала у њему, није могла да се одреди стратиграфска припадност наслага лежишта.

Према Gagić (1990–1994) и Курбалија и др. (1994а) седименти отнанга указују на црвено–зелену "шарену" моласну серију, а седименти карпата на зелено–сиву моласну серију. Литолошки су представљени алевролитима, пешчарима, микро––конгломератима и конгло–бречама. У северном делу структуре у отнангу се срећу брече и конглобрече од шкриљаца.

Према Курбалија и др., (1994а и 1994b) седименти бадена представљени су алевролитима, лапорцима, прослојцима кречњака и пешчара, бречама и конглобречама у бази.

– Панон лежи трансгресивно и дискордантно преко маринских седимената бадена у северном и северноисточном делу структуре. У централном, јужном и југозападном делу лежи преко седимената недовољно дефинисане стратиграфије. Развијен је у каспибракичној фацији коју чине полимиктне брече у бази (у северном делу), микрити, биомикрити, глиновити кречњаци и лапорци.

– Доњи понт је представљен слабо песковитим лапорцима у доњем делу, и лапорима са прослојцима пешчара у горњем делу.

– Горњи понт карактеришу лапоровите, песковите и угљевите глине у смењивању са глиновитим и лапоровитим пешчарима.

– Палудински и квартарни седименти нису стратиграфски раздвајани. Представљени су лапоровитим и песковитим глинама, песковима, слабо везаним пешчарима,

угљевитим глинама, прослојцима угља, глинама, лесом и хумусом у површинском хоризонту.

Прву дефиницију наслага бреча од шкриљаца, могућих колектора угљоводоника, дао је Dimić (1991). Приликом анализе 3Д сеизмичких секција издвојио их је као "хаотичну кластичну формацију". По његовој интерпретацији палеоток материјала је ишао са југа на север и североисток.

Према Kemenci (1993) колектор стене главног лежишта структуре "Турија" чине кратко транспортовани катаклазирани блокови и дробина од шкриљаца, као и брече и конглобрече од одломака шкриљаца везаних са псамитским детритусом и карбонатно–глиновитим везивом. Местимично се појављују и метабрече које садрже фрагменте кварцних агрегата и фелдспата пореклом од катаклазираних гранитоида.

И по интерпретацији каротажних дијаграма Grbovića (1989–1998), лежиште чине блокови од шкриљаца са прслинском, и седиментне стене од фрагмената шкриљаца са интергрануларном порозношћу.

Делом другачије гледиште од изложеног налази се у извештајима Kronja (1989–1992). По њој су колектор стене недовољно дефинисане стратиграфије настале од аутохтоних кристаластих шкриљаца претворених у тектонске и раседне брече.

Према Modić (1994), и Миловановићу Д., ментору њеног дипломског рада, колектор стене су кристаласти шкриљци, који су због интензивног тектонског дробљења (катакластичног метаморфизма) у појединим деловима претворени у тектонске брече и милоните. Кристаласти шкриљци структуре настали су метаморфозом базичних вулканита (стене без серицита) и њихових пирокласта (стене са серицитом). Стене су метаморфисане у условима фације зелених шкриљаца, на температурама између 420 и 550 °C и притисцима између 4 и 6 kbara.

Исто гледиште заступају Кнежевић и Модић (1996). Кнежевић С. је од стране "Нафтагас"–а учествовала у избору материјала за дипломски рад Модић С., а прегледала је језгра и са других бушотина (посебно разрадних).

О могућим матичним стенама и нафтно–геолошком моделу поља "Турија––север" писали су и објавили рад Курбалија и др. (1994b). То је сажетак из елабората Курбалија и др. (1994a).

Павловић и др. (1996), допуњују геолошки модел. Мала порозност колектора, која је регистрована каротажним и лабораторијским методама, објашњава се малом секундарном порозношћу тектонских бреча. Даље се образлаже теза о типичном природно фрактурираном колектору, са одсуством интергрануларне порозности ван раседних зона.

Са гледишта геофизике и тектонике, највише података дају Вучић и др. (1994), а на основу интерпретације 3Д сеизмичких испитивања. Међутим, процена перспективности нафтног поља је углавном заснована на регистровању бреча од шкриљаца велике моћности, уз претпостављена добра колекторска својства, а тај услов није на целом подручју испуњен.

У овом раду се, коришћењем великог броја бушотинских података ГКМ, употпуњених сеизмичким подацима за простор где нису избушене бушотине, приказује тектонска еволуција структуре "Турија" и показују неке разлике у односу на прихваћена гледишта.

МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Идеја за примењену методологију истраживања је настала почетком 1993. при заједничким покушајима са Кеменци Р. на успостављању корелације између података ГКМ и литолошких сазнања са језгара у стенама недовољно дефинисане стратиграфије (Нс). Пошто је у Нс делу било немогуће издвајање стабилних карактеристичних репера, а подаци диплога за праћење пада слојева су у здробљеним шкриљцима неупотребљиви, преостало је праћење седиментације у плићим деловима, кроз панон и доњи понт. Тада је примећена интензивна тектонска активност у доњем понту, када долази до наглог формирања пакета седимената у јужном и југозападном делу, а изостанка, односно смањења дебљине наслага у централном делу структуре. Према томе, праћењем синхроности седиментације и дебљине слојева између одабраних карактеристичних каротажних репера, омогућава се праћење неотектонске активности. Изложени принцип рада није непознат, и применом кабинетског метода, у појединим облицима је примењен за праћење неотектонске активности (Марковић и др., 1997).

Основу за праћење неотектонске активности чине бушотински подаци, пре свега каротажни репери одређивани на дијаграмима ГКМ (Naftagas, 1988–1998). У ту сврху су за литолошка рашчлањавања праћене криве специфичног електричног отпора формације (СЕО) дуал индуктивне и дуал латеролог методе, криве порозности компензованог неутрона, каротажа густине, индекса фотоелектричне апсорпције и спектра природне γ радиоактивности. За праћење еластичних својстава формације, уз регистровање интегралног времена за успостављање корелације са рефлексијама сеизмограма, коришћена је звучна каротажа. Подаци диплога су коришћени за праћење кривине бушотина, структурног пада слојева, услова седиментације и одређивање зона раседа и дискорданција. Један пример коришћених дијаграма ГКМ дат је на сл. 1. На левој страни је приказан сложени дијаграм ГКМ, а на десној обрађени дијаграм диплога.

Анализа γ криве показује да се при уласку у наслаге од шкриљаца региструје повишена природна радиоактивност, која није селективна на кривој укупне радиоактивности, услед повећане акумулације урана у бази панона. Зато се користи крива спектралога, и на основу јако повећаног садржаја калијума и торијума у стенама, зона са шкриљцима се лако раздваја. Потврда се налази праћењем Пе криве (индекса фотоелектричне апсорпције литодензитија), јер преласком из карбоната у наслаге од шкриљаца вредност Пе опада. Улазак у лежиште на дубини од 2 097 m одређује се преко кривих специфичног електричног отпора (СЕО), спектралога, густине и брзине простирања звучних таласа у стенама.

Даље, интервал од 2 087–2 097 m би могао да припада кластитима отнанга и карпата, али нема палеонтолошких података. На 2 076–2 078 m се налази ново уведени репер д'. Уочава се већа акумулација урана, а садржаји калијума и торијума су мањи у односу на садржаје у стенама са шкриљцима. Плиће се налазе седименти базе панона таложени у карбонатној средини. Карактерише их даље смањење садржаја калијума и торијума, уз местимично повећање садржаја урана. Повлата базе панона на 2 038 m одређује се преко γ радиоактивности, СЕО, изражене промене густине и брзине простирања звучних таласа.

Из обрађених података диплога (сл. 1 десно) уочава се улазак у кластите од шкриљаца преко расутих падних углова. У лежишту (дубље од 2 097 m) је иста си-

туација, па су подаци диплога неупотребљиви. Корисне информације се могу добити праћењем плићих слојева. Тако се у интервалу 2 055–2 070 m уочава нетипична промена која би могла да одговара раседној зони. Структурни нагиб од 4° ка северозападу (азимут износи 310°) дефинише садашње стање пружања слојева доњег панона из интервала 2 025–2 038 m.

Према изнетом, на дијаграмима ГКМ одређивани су и праћени, одоздо на горе, карактеристични каротажни репери помоћу којих се у простору дефинишу структурни, односно стратиграфски хоризонти. Сваки од издвојених структурних хоризоната представљен је матрицом података коју чине x и y координате и кота z хоризонта у бушотинама. Разлика две матрице, тј. разлика положаја два структурна хоризонта даје дебљину седимената таложених у временском интервалу између њих, на основу које је вршена реконструкција неотектонске активности.

Сл. 1. Дијаграми ГКМ и обрада диплога бушотине Tus–30 (Павловић и др., 1996).
Fig. 1.GWL diagrams and diplog processing of the well Tus–30 (Pavlović et al., 1996).

За истражне бушотине су коришћени подаци за каротажне репере одређени у Служби за стратиграфију од стране геолога С. Максимчева и М. Мијатовића. Стратиграфски репери су одређивани на бази петролошких одредби Кеменци Р., Крања В. и Жумберковић В., палеонтолошких и литолошких праћења матери-

јала из бушотина Гагић Н., интерпретације каротажних дијаграма Г. Грбовића, и, у мањем броју, палинолошких описа И. Дулића.

Постојећи званични подаци о каротажним реперима истражних бушотина су на критичним местима проверавани коришћењем свих каротажних метода, а затим допуњавани, тј. самостално одређивани за разрадне бушотине. Ради бољег сагледавања неотектонике потенцирана је примена тектонски индицираног репера С у доњем понту, и *уведени су нови репери у бази панона и у панону.* За њихово дефинисање коришћени су, пре свега, дијаграми диплога и спектралога, а за одређивање и дијаграми СЕО дуал индуктивне методе, густине, као и звучне каротаже, одговарајућих бушотина. При томе су од великог значаја били подаци Гагић Н. која је на основу материјала са сита, осим палеонтолошких података, давала детаљне описе литологије стуба бушотине. На тај начин је у потпуности успостављена корелација са каротажним дијаграмима.

Конструисање изолинија реперних хоризоната и њихових разлика вршено је на рачунару у програму "Сурфер–6". За интерполацију података коришћена је Кригинг метода. Ради сагледавања најкрупнијих структура вршено је изравнавање површина реперних хоризоната, као и њихових разлика. Затим су преломне зоне на картама дебљина (подручја наглих промена дебљина) интерпретиране као разломне структуре. За проверу положаја разломних структура коришћене су карте реперних хоризоната и подаци диплога (нагиб, азимут и пречници бушотине, као и израчунати падни углови слојева и структура).

За боље сагледавање целокупног простора коришћени су подаци 3Д сеизмике, који су преко еластичних карактеристика формације и густине повезивани са каротажним подацима. Наиме, на сеизмограмима су проналажене рефлексије које одговарају карактеристичним реперима, и на основу претпостављених закона брзина из најближих бушотина одређиване су дубине каротажних репера (коте z) у деловима где још нису биле, или где нису уопште избушене бушотине.

Дакле, анализом просторних положаја изабраних структурних хоризоната, односно, њихових разлика, омогућено је праћење неотектонске еволуције басена.

ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА И ИНТЕРПРЕТАЦИЈА НЕОТЕКТОНСКЕ АКТИВНОСТИ

По креирању база података конструисане су и анализиране следеће карте структурних хоризоната:

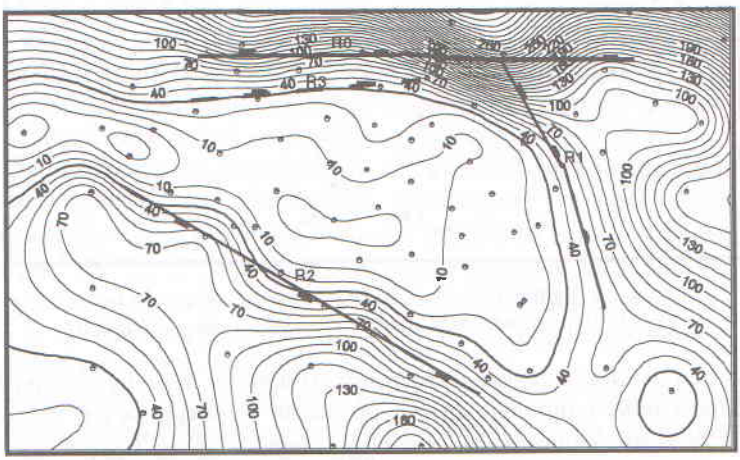
- Нс у повлати стена недовољно дефинисане стратиграфије (сл. 8),
- д′ у бази панона (сл. 13),
- Бп у повлати базе панона (сл. 12),
- д1 и д2 у доњем, и IV у горњем панону,
- д3 на граници доњег и горњег панона (сл. 11),
- Пн на граници панона и доњег понта (сл. 9),
- С на крају прве тектонске фазе у доњем понту (сл. 10),
- Г, П, П′ и Л у доњем понту,
- Л′ на граници доњег и горњег понта,
- Пс на граници горњег понта и палудина,
- Но – површина терена данас.

На свим картама структурних хоризоната коте z су дате у релативним дубинама рачунатим од површине терена надморске висине 79–85 метара.

После изравнавања површина реперних хоризоната разматрана је неотектонска активност на терену површине 5,53 × 3,37 = 18,6 km^2. У раду су приказане и анализиране карте само за стратиграфски дефинисане формације. Због захтева за поштовањем "тајности података" изостављене су координате терена и називи бушотина, па су објашњења уопштена и мање прецизна.

Структурни хоризонти (сл. 8–13) показују садашњи изглед и положај структура реперних хоризоната. Они носе одређене информације о разломима, али не говоре пуно о времену њиховог активирања. Зато су у раду, ради прецизнијег одређивања тектонске активности, прво приказане и анализиране карте разлика суседних структурних хоризоната, т.ј. карте главних секвенци.

Карта дебљине седимената између репера Нс у повлати стратиграфски недовољно дефинисане серије, до уведеног репера д' у бази панона, приказана је на сл. 2. Структура је, практично, уз неке мање изузетке, све време од почетка бадена до панона била формирана и представљала копно, док је околни простор, поготово северно крило раседа R0, тонуо. Структура Тус (Турија–север) одвојена је од структуре Туи (Турија–исток) раседом R1 у бадену, када је и источни део структуре тонуо. Са југозападне стране се може издвојити расед R2. С обзиром да нису рађена палеонтолошка испитивања за јужни и југозападни део структуре, незахвално је предвиђати стратиграфију. Ипак, према одзиву формација код различитих каротажних метода, може се претпоставити да можда постоји сармат и, баден или чак старији миоцен, у југозападном делу. На северу се, поред маркантног раседа R0, може наслутити расед R3 који се активирао на почетку базе панона и који ће се, касније, у доњем понту реактивирати. (Ради разликовања, раседи који се најављују цртају се испрекиданим линијама.)

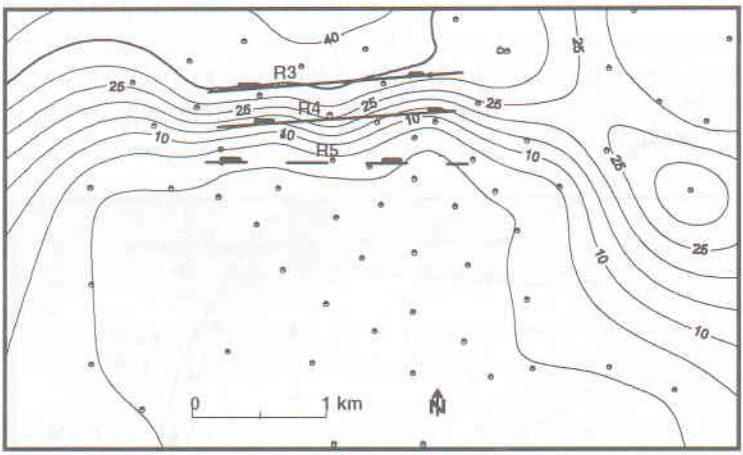


Сл. 2. Карта дебљине седимената између репера Нс и д'.
Fig. 2. Map of sediments' thickness between markers Ns and d'.

Према карти дебљине седимената базе панона на сл. 3, од репера д' до репера Бп (усвојене повлате базе панона), море надире са северозапада и севера, да би преплавило и садашњи издигнути део између раседа R3 и R5. Прво се таложе седименти у делу северно од раседа R3 (активираног на почетку базе панона), а затим и

јужније, до раседа R5. Новоуведени репер д' по важећој стратиграфији означава крај првог дела седиментације у бази панона. Такође, он омогућава издвајање раседа R4 правца З–И (мало изнад средине сада издигнутог главног дела) и раседа R5. Репер д' је типичан, и на већем броју бушотина се релативно лако препознаје са дијаграма укупне природне γ радиоактивности слојева, а и промена СЕО је карактеристична (сл. 1). Према томе, за одређивање су углавном довољни само дијаграми дуал индуктивне методе који се управо користе у Служби за стратиграфију.

Седименти базе панона леже дискордантно на доњобаденским седиментима у северним и североисточним деловима структуре, док су у највишем делу структуре Тус у директном контакту са стратиграфски недовољно дефинисаном серијом. Кластична серија базе панона литолошки је представљена бречама, конглобречама и конгломератима од фрагмената различитог састава и порекла, различите крупноће зрна и карбонатне масе. У серији се запажа присуство битумија, односно, органске материје доказане и преко геохемијских испитивања на језгрима бушотина (Курбалија и др., 1994а). Могуће присуство органске материје најбоље се корелише преко дијаграма спектралога (криве урана). Остаје отворено питање, шта је узроковало нагло повећање карбонатне компоненте у панону и природне радиоактивности, настале првенствено услед акумулације мобилног, лако растворљивог урана у органској материји?

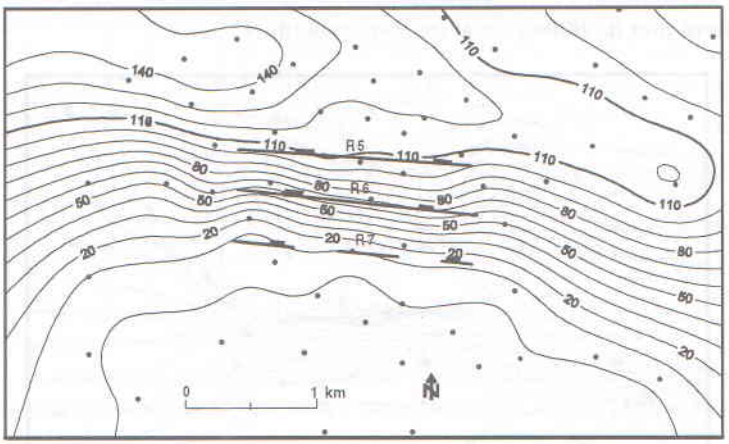


Сл. 3. Карта дебљине седимената између репера д′ и Бп.
Fig. 3. Map of sediments' thickness between markers d′ and Bp.

Према карти дебљине седимената у доњем панону, између репера Бп и д3 (сл. 4), трансгресија и даље напредује са северозапада и севера на југ. Услед интензивнијег тоњења, дебљина седимената је већа у северном делу. Од раседа R5 дебљина седимената се нагло сразмерно смањује, јер је структура издигнута у правцу југа, односно југ–југозапада, под углом од око 4°.

Поред раседа R5, на сл. 4 се уочавају и раседи R6 и R7. Активирање раседа R6 је ближе одређено каротажним реперима Бп (повлата базе панона) и д2 (повлата хоризонта д2–д1). Хоризонт д2–д1 је уједначене дебљине (20–26 m), лако се уочава, и има регионалан значај, јер је регистрован на ширем простору, и у преко 100 km удаљеним бушотинама Северног и Средњег Баната (Курбалија и др., 1994а).

И у доњем панону се уочавају повремена повећања природне γ радиоактивности, мањег интензитета, настала од урана, док у горњем делу наслага тога нема. То је био повод за истраживање на основу којег је уведен нови каротажни репер д3, и за разлику од званично усвојене стратиграфије панон раздвојен на горњи и доњи. Репер д3 се издваја првенствено на основу података спектралога и диплога, а и на дијаграмима осталих каротажних метода се уочава дискорданција.



Сл. 4. Карта дебљине седимената у доњем панону.
Fig. 4. Map of sediments' thickness in Lower Pannonian.

Корелишући на каротажним дијаграмима литолошке описе из "шлем" проба Gagić (1990–1994) потврђено је практично потпуно поклапање у дубини каротажних и петролошких података. Према томе, *увођењем каротажног репера д3, и издвајањем на каротажним дијаграмима, омогућена је корелација и са палеонтолошким подацима, и једноставнија провера постојања горњег панона не само на структури "Турија", већ шире, на простору Војводине.*

Према одредбама Gagić (1990–1994), седименти између каротажних репера д3 у подини и Пн у повлати (сл. 5) припадају нижем делу горњег панона. У пробама набушеног материјала са сита евидентирани су остаци врста *Amplocypris* cf. *simplex, Amplocypris abscissa* и *Candona (Lineocypris) nonreticulata* из нижег дела горњег панона. Од уведеног репера д3 на дијаграмима диплога мења се падни угао слојева, падни углови су хаотични и растурени, а изостају и "инјекције" урана. Литолошки се издвајају фино песковити лапорци.

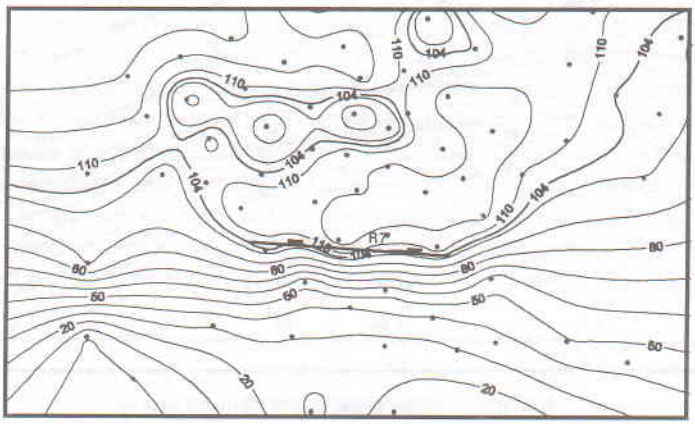
И у горњем панону се наставља интензивније тоњење северног дела (сл. 5), уз проширење на југ (мало јужније од раседа R7). Трансгресија даље напредује на југ, а Панонско море преплављује цео простор.

Карта дебљине седимената између репера Пн на граници панона и доњег понта, и тектонски индицираног репера С из нижег дела доњег понта, приказана је на сл. 6. *Део структуре између раседа R3, R4 и R5, који је у панону тонуо (сл. 3–5), у доњем понту почиње да се релативно издиже у односу на околни простор.*

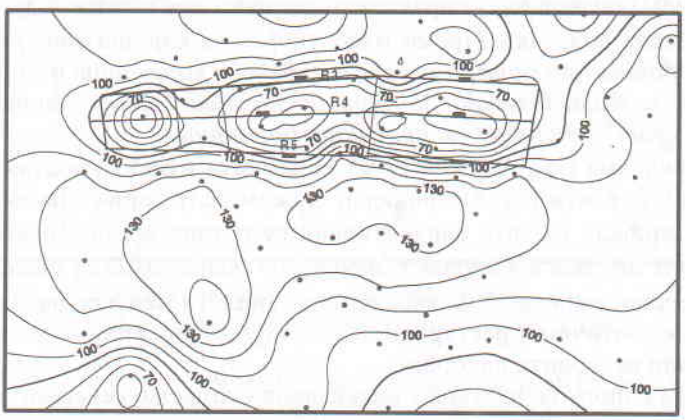
Раседи R3, R4 и R5 су скоро вертикални, узроковани радијалном тектоником. Да се ради о издизању структуре на почетку доњег понта, докази се могу наћи анализом синхроности седиментације слојева, еластичних својстава формације, пода-

така диплога итд. Основно је да структура Тус није настала само услед локалног гравитационог раседања (Курбалија и др., 1994а; Вучић и др., 1994; Павловић и др. 1996), већ и услед издизања централног дела, узрокованог вертикалним кретањима на мало ширем простору.

У седиментима панона пад плиоценског раседа R5 износи око 79°, док се у седиментима млађег плиоцена угао смањује до 75°. И то је разлика у односу на званично усвојена гледишта (Вучић и др., 1994, страна 35, сл. 5) где се плиоценски раседа R5 подвлачи под падним углом од максимално 45°.



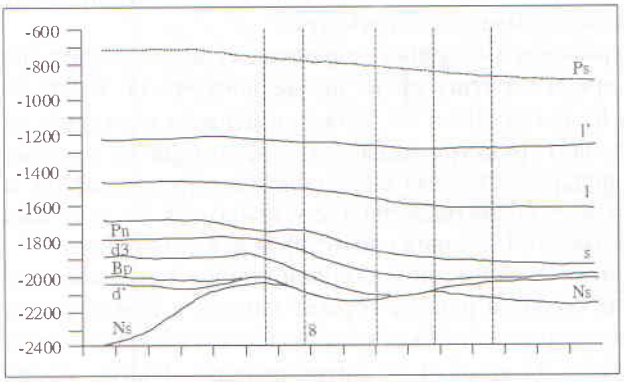
Сл. 5. Карта дебљине седимената горњег панона.
Fig. 5. Map of sediments' thickness of Upper Pannonian.



Сл. 6. Карта дебљине седимената између репера Пн и С.
Fig. 6. Map of sediments' thickness between markers Pn and S.

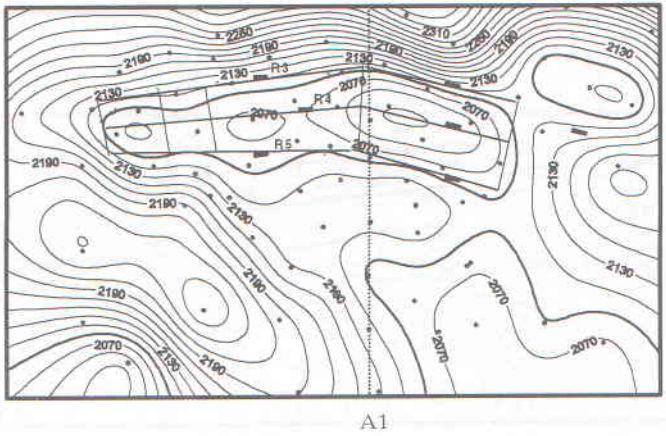
После интензивних позитивних вертикалних тектонских покрета, приказаних на карти дебљине седимената између репера Пн и С (сл. 6) и на геолошком профилу кроз пресек А–А1 (сл. 7), углавном настаје дејство гравитационе тектонике. Даље током доњег понта структура тоне на југозапад, а потом у горњем понту долази до инверзије, тј. тоњења на североистоку уз издизање на југозападу. Затим, у палудинским слојевима и квартару, настаје интензивно тоњење на југ блоко́ва јужно од

раседа R5, а издизање у крајњем северном, а поготово у садашњем централном делу. Нормално, све време у активним деловима структуре постоје мања повремена издизања и спуштања као резултат интеракције блокова и стабилизације унутар структуре. Због ограниченог простора за ове фазе се не прилажу анализиране карте дебљине седимената, али се описано делом може видети на следећој слици.



Сл. 7. Геолошки профил кроз пресек A–A1.
Fig. 7. Geological profile through section A–A1.

На сл. 7 је приказан геолошки профил C–J за пресек A–A1 означен на сл. 8. Због прегледности су приказани само најуочљивији структурни хоризонати. За



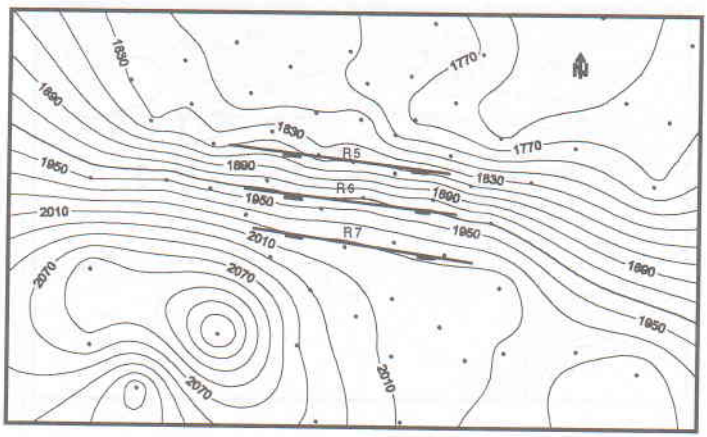
Сл. 8. Структурни хоризонт Hc.
Fig. 8. Structural horizon Ns.

формирање датотека је коришћен програм "Сурфер–6", а за цртање програм "Графер–4". Са слике се запажа сличност тектонске активности у панону (репери д′ и Пн) и горњем понту (репери л′ и Пс) када северни део интензивније тоне у односу на јужни део. У доњем понту (означеном реперима Пн и л′), као и у палудинским слојевима и квартару (између репера Пс и Но) углавном се јавља супротно кретање блокова. Тада се, осим негативних гравитационих кретања, дешавају и позитивна вертикална кретања. А као резултат најмлађе тектонске активности, "стара" структура Тус са седиментима недефинисане стратиграфије примила је садашњи изглед, док су панонски седименти према северу формирали нову, већу структуру.

Структурни хоризонт по повлати стена Нс, односно, приближно садашњи изглед повлате лежишта, после свих тектонских догађаја, приказан је на сл. 8. Уочава се издигнути део структуре Тус, раздвојен на блокове са три раседа R3, R4 и R5 приближног правца З–И, и неколико раседа приближног правца С–Ј. Уочава се и велика сличност са сл. 6 из нижег доњег понта, што је логично, с обзиром да су кретања блокова стена недовољно дефинисане стратиграфије узроковала промену изгледа и положаја млађих седимената у том делу структуре.

Бушењем и испитивањем језгрованог материјала одређене су врсте шкриљаца у бречама, али није могла да се одреди стратиграфска припадност бреча. Ипак, за Нс серију у издигнутом делу, између раседа R3 и R5, може се рећи да је старија од отнанга, и да је, по таложењу бреча, структура могла да се формира на почетку отнанга. У току је успостављање репера у стенама недефинисане стратиграфије, и на основу прелиминарних резултата, у повлати стена Нс у јужном и ЈЗ делу има седимената млађих у односу на седименте Нс у најиздигнутијем делу структуре.

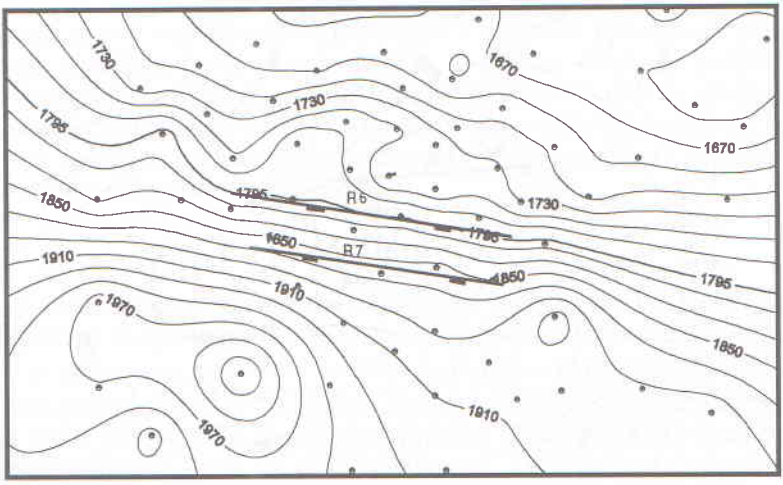
За разматрање утицаја тектонске активности у плиоцену и квартару, важан је структурни хоризонт репера Пн на граници између горњег панона и доњег понта (сл. 9). То је уједно и карта дебљине седимената таложених од почетка доњег понта до данас. Уочавају се раседи R5, R6 и R7 са сл. 4, уз битну разлику. Наиме, после активирања и спуштања северних крила раседа R5, R6 и R7 у панону (сл. 4 и 5), и издизања северног крила раседа R5 на почетку доњег понта (сл. 6), долази до тоњења јужних крила раседа R5, R6 и R7 (сл. 9).



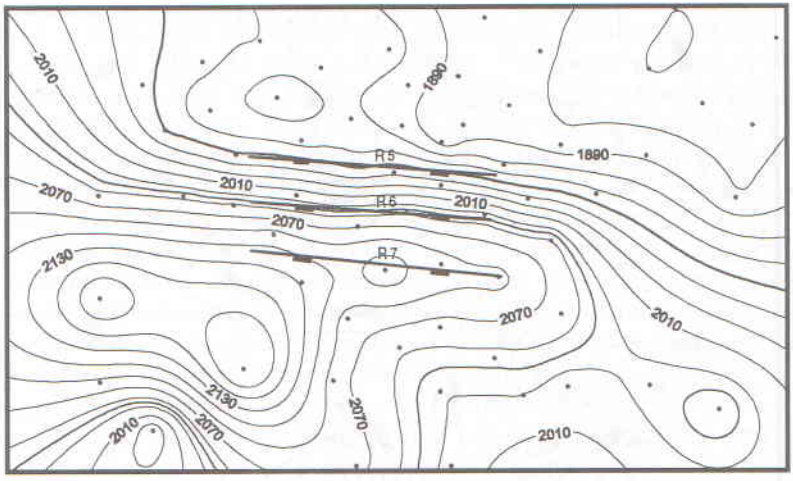
Сл. 9. Структурни хоризонт Пн.
Fig. 9. Structural horizon Pn.

Такође, анализом структурног хоризонта Пн (сл. 9) и секвенце горњег панона (сл. 5) уочава се следеће: *седименти између раседа R5 и R7, који су на крају горњег панона били практично хоризонтални (пад од око 1–2 °на север),* под дејством најмлађе тектонике *променили су правац и смер пада, и сада падају под углом од 6 до 13 °, али у смеру југа, односно Ј–ЈЗ.*

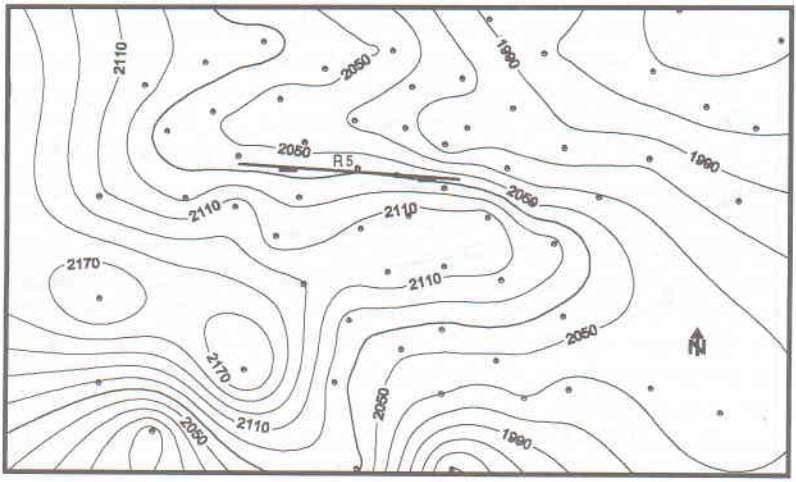
Следеће слике (10–13) приказују преостале, у раду коришћене карте структурних хоризоната: С у нижем делу доњег понта, дЗ између доњег и горњег панона, Бп у повлати (на крају) базе панона, и д' са почетка базе панона.



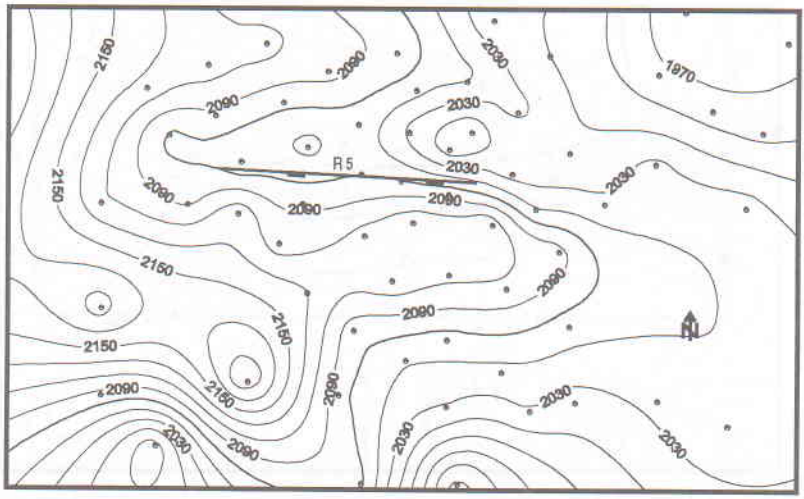
Сл. 10. Структурни хоризонт С.
Fig. 10. Structural horizon S.



Сл. 11. Структурни хоризонт д3.
Fig. 11. Structural horizon d3.



Сл. 12. Структурни хоризонт Бп.
Fig. 12. Structural horizon Bp.



Сл. 13. Структурни хоризонт д'.
Fig. 13. Structural horizon d'.

За праћење тектонске активности у панону и доњем понту, и тачније провере положаја разлома, најкориснији су подаци диплога. Међутим, аутору нису били доступни сви расположиви подаци, јер је већи део интерпретација код Marković i Pavlović (1991–1994) смештен на магнетну траку, архивиран, и за практичне потребе недоступан. Зато је интерпретација дата само за углавном поуздане податке.

Приказане карте структурних хоризоната и њихових разлика су најпрецизније у деловима са највећим бројем бушотинских података. За бољи општи приказ, у зонама без бушотина су убачени подаци са сеизмичких секција. С обзиром на мали број поседованих секција убачено је свега 12 симулираних бушотина са одговарајућим реперима. Бољи резултати би се постигли повећањем броја тачака, а најбољи реинтерпретацијом сеизмике и каротаже.

ЗАКЉУЧАК

Дати су нови подаци о сложеном карактеру структуре "Турија" коришћењем каротажних репера за приказивање тектонске активности. *Праћена је еволуција структуре,* и *дат је прецизнији геолошки модел.* Показује се да осим раседа R0 у северном делу структуре, постоји и расед R3, правца З–И, јужније. Тај расед се реактивира на почетку доњег понта и битан је за еволуцију структуре и оконтуравање главног лежишта. Расед је потврђен преко карата дебљине седимената, а и преко заводњавања бушотина у раседној зони. Такође су идентификовани и раседи R4, R6 и R7.

Анализом неотектонске активности показано је да је издигнути део структуре Тус између раседа R3 и R5 најпродуктивнији. То потврђују и подаци о производњи.

Разумевањем карактера и утицаја најмлађе тектонике на формирање лежишта и миграцију угљоводоника, омогућава се примена и на другим структурама сличног, као и различитог типа.

Детаљно се анализира неотектонска активност праћењем дебљине седимената између појединих структурних хоризоната. У ту сврху *уведени су нови стратиграфски репери: d' у бази панона и d3 на граници између доњег и горњег панона.* За бољу анализу неотектонике коришћен је и репер С у доњем понту.

Праћењем неотектонике омогућено је и прецизније стратиграфско раздвајање. Потврђено је запажање палеонтолога Н. Гагић о могућем постојању још једног стратиграфског члана у оквиру панона – *горњег панона.*

За формирање лежишта најбитнија су позитивна вертикална кретања. Изазвана унутрашњим силама из дубине Земље, јављају се у импулсима, са интензивним тектонским покретима. После њих наступају фазе релативног мировања и гравитационе тектонике, са кретањем блокова у истом правцу и смеру, уз повремене краће промене смера приликом стабилизације структура.

Палео рељеф није статичан и окоштао, већ трпи сталне промене. После разградње веће структуре у доњем миоцену и бадену, и разградња структуре "Турија" у панону, на почетку доњег понта почиње формирање мање структуре, и садашњег изгледа "палео" рељефа, које траје и данас.

Главно лежиште нафтног поља "Турија–север" почиње да се формира у доњем понту.

Под дејством најмлађе тектонске активности седименти панона се издижу у северном делу, и формирају нову, већу структуру.

Структура "Турија" због своје комплексности захтева даља мултидисциплинарна истраживања.

Геол. ан. Балк. полуос. Ann. Géol. Penins. Balk.	62	75–101	Београд, децембар 1998 Belgrade, Decembre 1998

UDC 551.248.2:550.3(497.113) Original scientific paper

NEOTECTONIC ACTIVITY OF TURIJA STRUCTURE (PANNONIAN BASIN, VOJVODINA)

by

Slobodan Bojković*

When there are many wells on a small area, it is possible to observe, qualitatively and quantitatively, recent neotectonic activities, using well logging data. For this purpose, it is necessary to distinguish on well logs characteristic markers that represent tectonic events and analyze structural horizons defined by them. The best results are achieved by integrating well logging and seismic data. Seismic data are used in the areas without drilled wells. The described working method is applied on the Turija oil structure.

First, the well data were interpolated using the commercial program Surfer–6. After that, stratoisohypse maps of marker horizons were constructed, as well as the maps of their differences to get thicknesses of the sediments for sequences. Then, results were analyzed and interpreted.

Key words: well logging (WL), well logging marker, tectonics, structural horizon, fault structure, seismics, Turija, Pannonian Basin, Vojvodina.

INTRODUCTION

The study of origin and evolution of sediment basin is very important for hydrocarbon exploration, as well as the definition of the recent tectonic movements and observation of their influences, either positive or negative, on reservoir forming and hydrocarbon migration. Seismic data are the base for tectonic observation in an area, but they are of limited resolution and with many meanings, because of complex influences on the waves response of the formation. For solving such problems and better time–depth conversion, it is necessary to establish all the required calibration in seismic data acquisition, data processing and interpretation. For this purpose, the informations for precise calibration, correlation and better geological modeling are obtained by geophysical well logging, as well as by vertical seismic profiling.

When there are a lot of wells on a small area, it is possible to observe the effects of recent neotectonic activity using well logging data. For that purpose, on well logs is necessary to distinguish characteristic markers, which represent characteristic events, and analyze structural horizons defined by them. The occurrence of a new depositional mem-

* NIS–NAFTAGAS, O.D. Rudarski radovi, Narodnog fronta 12, 21000 Novi Sad.

Once, the character and influence of recent tectonics on reservoir forming and oil migration is understood, the application of the knowledge will be useful for better interpretation of other structures in the Pannonian basin.

Neotectonic activity is analyzed in details using sequences defined by characteristic events. For that purpose, new stratigraphic markers were defined: d' within the Pannonian base and d3 between the Lower and Upper Pannonian. Marker S is used for better tectonic analyzes.

By tracing the effects of neotectonic activity, precise stratigraphic determination became possible. The paleontologic observation of N. Gagić about the possible existence of a new stratigraphic member in the Pannonian – Upper Pannonian is confirmed.

In reservoir forming the most important factor are positive vertical movements. Forced by interior of Earth, they appear in pulses, with intensive tectonic movements. After that, the phases of relative mantle inactivity and gravity tectonics dominate, with all blocks moving in the same direction, with sudden short changes in direction when structure stabilization occure.

The paleorelief is not static, it is subject of constant changes. In the particular case, after the destruction of the biger structure in the Lower Miocene and Badenian and of Turija structure in the Pannonian, the reverse process of paleorelief changes takes place from the Lower Pontian to Recent.

The main reservoir of the Turija – North oil field started its development in the Lower Pontian.

Affected by recent tectonic activity and paleorelief changes, the Pannonian sediments were uplifted in the north, forming a new, bigger structure.

Because of the great complexity of the Turija structure, new multi–disciplinary studies are necessary.

Translated by the author

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

Dimić Dj., 1991: Detection of environments of hydrocarbon accumulation in south Bačka.– Academic conferences "Geodynamic evolution of Pannonian basin", 339–354, Beograd.

Gagić N., 1990–1994: Mikropaleontološke analize neogenih sedimenata bušotina Tus, Tu i Tui.– Fond tehničke dokumentacije "Naftagas"–a, Novi Sad, (nepublikovano–unpublished).

Grbović G., 1989–1998: Interpretacija karotažnih dijagrama.– Fond tehničke dokumentacije "Naftagas"–a, Novi Sad, (nepublikovano–unpublished).

Kemenci R., 1993: Izveštaj o radu na studiji "Haotične klastične formacije" u okviru naftnog ležišta Turija–sever.– Fond tehničke dokumentacije "Naftagas"–a, Novi Sad, (nepublikovano–unpublished).

Kronja V., 1989–1992: Petrološke analize stena iz bušotina Turija–sever.– Fond tehničke dokumentacije "Naftagas"–a, Novi Sad, (nepublikovano–unpublished).

Курбалија Ј., Максимчев С., Димић Ђ., Лукић С., Грбовић Г., Гагић Н., Кеменци Р., Крања В., Жумберковић В., Мандић Г., Мијатовић М., Савков Љ., Дулић И., Васић М. и Кнежевић С. (=Kurbalija et al.), 1994a: Нафтно поље Турија–север, нафтно–геолошка синтеза.– Фонд техничке документације "Нафтагас"–а, 1–45, Нови Сад, (непубликовано–unpublished).

Курбалија Ј., Максимчев С., Димић Ђ., Гагић Н., Жумберковић В. и Мандић Г. (=Kurbalija et al.), 1994b: Нафтно–геолошки модел поља Турија–север.– Стручни часопис Дит–Нафтагас, 21–22, 43–49, Нови Сад.

Кнежевић С. и Модић С. (=Kneževi ć & Modić), 1996: Петролошка и хемијска својства колектор стена нафтног лежишта Тус.– Стручни часопис Дит–Нафтагас, 24, 22–30, Нови Сад.

Маровић М., Ђоковић И. и Милићевић В. (=Marović et al.), 1996: Геометрија и кинематика структура неоалпске литосферне екстензије у војвођанском делу Панонског басена.– Геол. ан. Балк. полуос., 60/2, 79–97, Београд.

Марковић М., Панџић Ј., Павловић Р. и Чупковић Т. (=Marković et al.), 1997: Структурне карактеристике и неотектонска активност југоисточног дела Панонског басена.– Стручни часопис Дит–Нафтагас, 25, 5–33, Нови Сад.

Marković M. i Pavlović M., 1991–1994: Obrada i interpretacija diploga bušotina Tus i Tu.– Fond tehničke dokumentacije "Naftagas"–a, Novi Sad, (nepublikovano–unpublished).

Modić S., 1994: Petrologija metamorfnih stena područja Turija–sever.– Diplomski rad, Rudarsko–geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1–71, (nepublikovano–unpublished).

Naftagas, 1988–1998: Fond tehničke dokumentacije "Naftagas"–a, Novi Sad (nepublikovano–unpublished).

Павловић М., Мартиновић С. и Марковић М. (=Pavlović et al.), 1996: Примена геофизичких метода у креирању геолошког модела нафтног поља Турија–север.– Научни скуп "Савремени трендови развоја геофизике", 24–25 октобар 1996., 17–26, Београд.

Вукашиновић С. (=Vukašinović), 1994: Конфигурација и геолошке импликације аномалног магнетског поља Војводине.– Радови Геоинститута, 30, 273–286, Београд.

Вучић С., Живадиновић М., Мавренски Б. и Парезановић М. (=Vučić et al.), 1994: Примена 3Д сеизмичких испитивања на лежишту Турија–север.– Стручни часопис Дит–Нафтагас, 21–22, 27–41, Нови Сад.